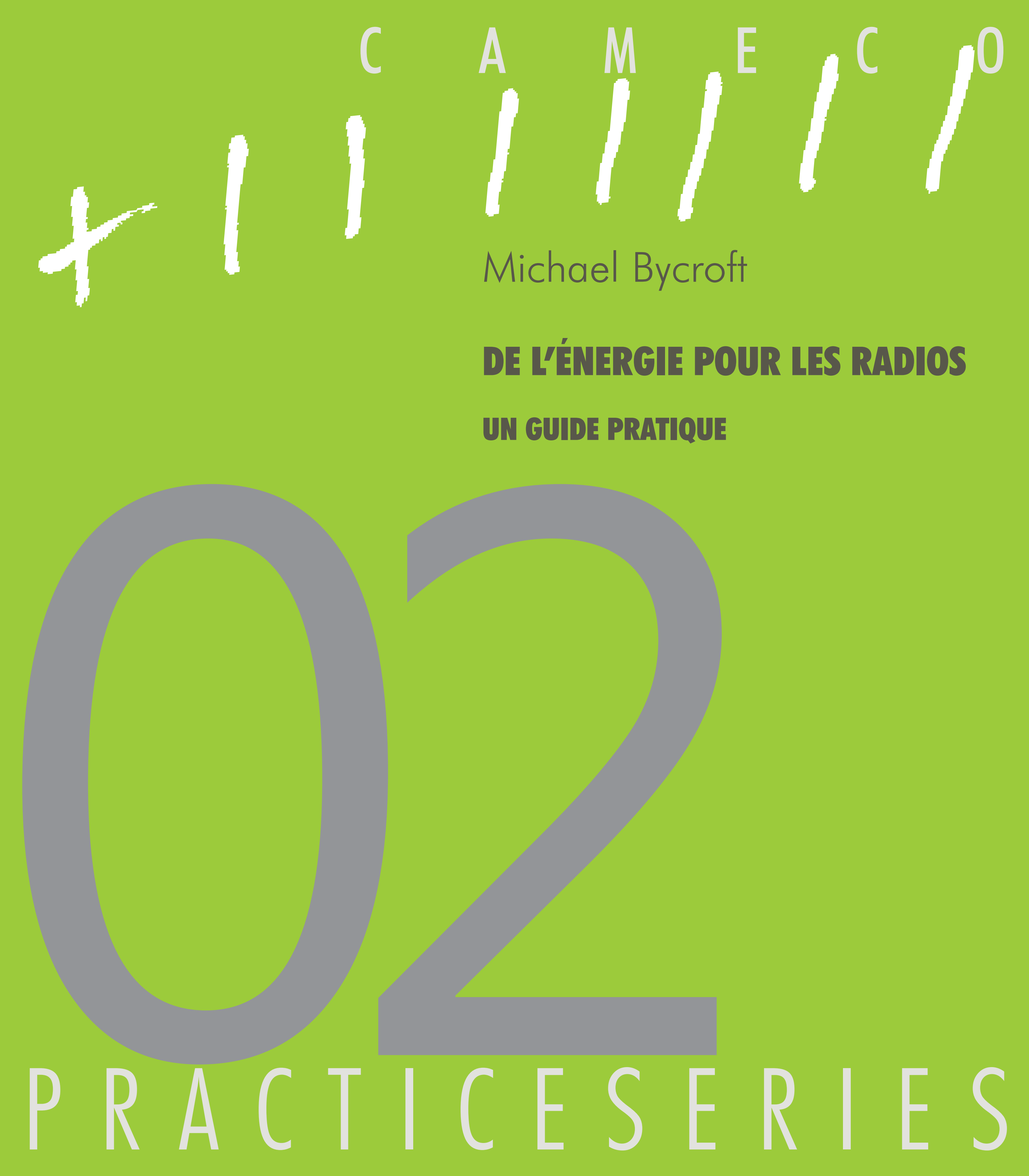

CAMECO
Michael Bycroft
DE L'ÉNERGIE POUR LES RADIOS
UN GUIDE PRATIQUE
02
PRACTICESERIES

La réalisation de ce manuel a été financée par



RFI Planète Radio a apporté une contribution à la traduction française



Un projet de



Avec l'appui du Programme interbailleurs *Médias pour la démocratie et la transparence en RDC*









Avec le soutien de l'Union Européenne



Michael Bycroft
De l'énergie pour les radios. Un guide pratique.
Traduction: François Philippart
Titre original : Energy for Radio. A Guide for Practitioners (2010)

(CAMECO Practice Series 02)
Editeur: Catholic Media Council (CAMECO), Aachen, Germany, 2011
www.cameco.org/publications/
Supervision éditoriale: CAMECO / Version française : Michel Philippart
Conception et réalisation graphiques : Josef Fiedler / A. Sofie Jannusch

C A M E C O

PRACTICE SERIES

- Capacity Building
- Project and Strategic Planning
- Monitoring & Evaluation
- Communication Strategies

Technical Advice



Michael Bycroft est journaliste scientifique indépendant et éditeur. De nationalité néozélandaise, il vit en Grande-Bretagne. Il a aussi publié des articles pour des revues sur les sciences et les sciences de l'éducation. Il est intervenu dans des ateliers de formation pour des journalistes scientifiques sur les technologies énergétiques vertes et le changement climatique. Il a étudié la physique, les mathématiques et l'histoire des sciences.

02

CAMECO Practice Series:

Michael Bycroft

De l’énergie pour les radios

Un guide pratique

Traduction par François Philippart

Préface de l'édition française

Depuis plus de quinze ans que les équipes du Projet Rfi planète radio parcourent l'Afrique, tous nos collaborateurs ont eu le temps de saisir l'ampleur du problème technique majeur qui frappe quotidiennement les radios de proximité : l'alimentation en énergie.

Analogiques ou numériques, artisanales ou sophistiquées, rurales ou urbaines, elles sont toutes tributaires des systèmes d'alimentations électriques dont elles disposent. Sans électricité, pas d'émission.

Face à ce constat, nous avons très tôt décidé de nous engager dans le développement de nouveaux systèmes de production électrique autonomes comme le Bœuf Qui Tourne, ou le moteur thermique à huile végétale en partenariat avec l'ONG belge CODEART. Après le solaire, l'éolien ou l'hydraulique, ces nouvelles technologies équipent déjà certaines radios et pourraient rapidement s'adapter à d'autres infrastructures locales (cliniques, mairies, centres de communication, etc.), notamment celles situées dans des zones isolées ou en situation de conflit.

Ces technologies alternatives, opérationnelles en Centrafrique et en RDC, ne se positionnent pas comme des réponses ultimes ou révolutionnaires face à la gravissime problématique énergétique, mais simplement comme des solutions facilement accessibles pour les petites structures. Celles-là même qui mettront de nombreuses années avant de pouvoir bénéficier des progrès technologiques venus du nord. Conçues comme de simples phases de transition, elles favorisent l'utilisation de matériaux disponibles localement et tendent à réduire la dépendance technologique liée aux opérations de maintenance tout en respectant le vieil adage : « Je produis l'énergie dont j'ai vraiment besoin, quand j'en ai besoin ! ».

Aujourd'hui, l'accès aux nouvelles technologies reste une phase importante de progrès pour les radios de proximité. Cependant, ces avancées sont souvent énergivores et malgré ce que laissent entendre les manuels techniques, l'électricité ne sort toujours pas des murs ! Derrière l'emballement médiatique, la célébrissime fracture numérique masque l'existence d'une autre fracture bien moins charmante à traiter, mais pourtant à la source de tous les maux : l'accès à l'énergie. Sans électricité, pas de téléphones, pas d'ordinateurs, pas d'Internet, pas d'appareils de mesure, bref pas grand-chose. De là, à penser qu'on met parfois la charrue avant les bœufs …

Max Bale
Chef du projet Rfi planète radio
Rfi – Direction des Affaires Internationales

Préface

Sans énergie fiable, une radio ne peut pas fonctionner. La question de l'énergie n'est pas une préoccupation propre aux radios. C'est au moment des pannes que nous prenons conscience de notre dépendance à l'électricité.

En Afrique, comme dans d'autres parties du monde, les professionnels de la radio sont quotidiennement confrontés à un manque généralisé d'électricité. Dès lors, une source d'énergie complémentaire ou alternative doit être mise en place. Les générateurs sont les moyens alternatifs les plus répandus ; les systèmes à énergie solaire deviennent une option attractive dans un continent où le soleil est si généreux.

Cependant, déterminer le système énergétique le plus adéquat est une démarche complexe. Un grand nombre de prérequis et de contraintes doivent être pris en compte, et pas seulement les aspects financiers et environnementaux.

Ce guide a pour objectif d'aider les responsables et les agents des radios confrontés aux questions d'énergie à comprendre les différentes technologies de production d'énergie : les groupes électrogènes, les installations solaires, les éoliennes et les systèmes hydrauliques. Ce guide passe également en revue bien d'autres aspects auxquels on doit être attentif pour parvenir à une « décision éclairée » dans la recherche d'une solution aux problèmes énergétiques, notamment l'évaluation des besoins, mais aussi le stockage, la protection et la régulation de l'énergie.

Ce guide entend aider les responsables des radios à déterminer quelle solution énergétique est la plus appropriée à leur situation. La lecture de cette publication ne suffira pas pour régler tous les problèmes ni même prendre « la » décision quant au type de système énergétique le plus adapté. L'évaluation sur site, l'intervention d'experts et des relations de confiance avec des fournisseurs compétents restent indispensables. Mais si, grâce à ce guide, les gestionnaires de la radio peuvent poser les bonnes questions, émettre un jugement équilibré sur les diverses solutions envisagées et ainsi parvenir à une « bonne » décision, nous aurons atteint notre but en publiant ce livre.

« De l'énergie pour les radios » est à la fois un appel et une revendication. Dans le cadre de notre travail de conseil au CAMECO, nous sommes quotidiennement confrontés aux problèmes d'énergie des radios. Aussi la publication d'un guide sur la gestion de l'énergie nous est apparue être une priorité au sein de cette collection « CAMECO Practice Series ».

Nous voulons exprimer ici nos plus vifs remerciements à la fondation hollandaise « Stem van Afrika » ; son soutien financier a rendu ce projet réalisable ; mais tout aussi important fut l'intérêt et le souci que les membres de la fondation ont partagés avec nous pour fournir aux professionnels de la radio un outil qui leur permette de comprendre les enjeux et aspects techniques de l'énergie, mais aussi d'identifier des solutions aux problèmes énergétiques de leur station. Nos remerciements s'adressent aussi à Rfi planète radio dont l'enthousiasme à la lecture de la version anglaise et l'insistance de pouvoir disposer rapidement d'une édition française pour leurs radios partenaires nous ont bousculés et encouragés à produire sans délai cette édition française.

Enfin il nous revient de rendre un témoignage mérité de reconnaissance à de nombreuses stations de radio, experts, sociétés et organisations qui ont mis à disposition tant d'informations utilisées dans ce guide.

Notre gratitude s'adresse aussi bien sûr envers Michael Bycroft pour son expertise et son engagement dans ce projet.

CAMECO, septembre 2011

Appel aux utilisateurs

Les progrès dans le domaine des technologies énergétiques sont incessants et rapides. Aussi cette publication est un « chantier ».

Nous voulons l’améliorer et l’adapter en fonction des avancées technologiques, mais aussi des besoins et des expériences de ses utilisateurs. C’est pourquoi nous avons besoin de vos réactions, de vos commentaires et de vos expériences.

- **Comment utilisez-vous les informations fournies dans ce guide ?**
- **Quels chapitres vous sont les plus utiles ?**
- **Lesquels mériteraient un remaniement ou un approfondissement ?**
- **Avez-vous des questions qui restent sans réponse ?**
- **Quelles informations sont absentes de ce livre ?**

Merci de nous écrire : cameco@cameco.org

Table des matières

Table des questions fréquemment posées (FAQ)

Dans la plupart des chapitres de ce guide, on trouvera des FAQ (Frequently Asked Questions). Ces encadrés offrent des réponses pratiques à des questions fréquentes et spontanées sur la gestion de l'énergie.

Ci-dessous se trouve la liste des FAQ reprises dans ce livre. Le premier chiffre représente le numéro du chapitre.

Questions fréquemment posées

Principales abréviations

Ci-dessous sont reprises les abréviations les plus fréquemment utilisées dans ce guide. Un glossaire complet se trouve à la page 265.

A = Amp : Unité standard du courant électrique (le courant est le flux auquel les électrons circulent dans un câble).

AC = Courant Alternatif (de l'anglais Alternating current) : Courant électrique dont le sens oscille à intervalles fréquents et réguliers.

Ah = Ampère-heure : Unité de la quantité de charge stockée dans une batterie : une batterie de 2 000 Ah peut fournir un courant de 20 A pendant 100 heures, de 50 A pendant 40 heures, etc.

ASI = Alimentation Sans Interruption (**UPS** en anglais, Uninterruptible Power Supply*) :* Dispositif qui gère une source électrique entrante et qui fournit une alimentation de secours en cas de défaillance.

CFL = Ampoule Compacte Fluorescente : Une ampoule énergétiquement efficace qui utilise un courant électrique et un gaz pour produire de la lumière et non la chaleur comme dans les ampoules classiques.

DC = Courant Continu (de l'anglais Direct current) : Courant électrique ayant une direction unique (au contraire du courant alternatif).

kW = **kilowatt :** Unité de puissance, équivalente à 1 000 watts.

LED = Light Emitting Diode : Une forme d'éclairage efficace, souvent utilisée en tant que source de lumière dans les affichages électroniques.

MMPT = Maximum Power Point Tracker : Dispositif d'un contrôleur de charge qui augmente la production des panneaux solaires en bloquant leur courant et tension à un niveau optimal pour que la puissance maximale soit transmise à la batterie.

m/s = mètre par seconde : Une mesure de la vitesse : 1 m/s équivaut à 3,6 km/h.

PV = Photovoltaïque : Adjectif qui décrit le processus de conversion de l'énergie solaire en courant électrique (les panneaux solaires, cellules PV,

modules PV et installations PV sont les noms des appareils qui fonctionnent sur ce principe).

TER = Technologie à Energie Renouvelable : Technologie qui convertit l'énergie de ressources naturelles en énergie utilisable, le plus souvent en électricité.

V = Volt : Unité standard de mesure de la tension. La tension est la quantité d'**énergie** transmise aux électrons dans un circuit électrique.

W = Watt : Unité standard de la puissance : la tension est le taux auquel l'énergie est produite ou consommée.

Wc = Watt crête : Quantité de puissance produite par un dispositif photovoltaïque, comme un panneau solaire, sous conditions d'ensoleillement idéales.

Note sur les unités et la terminologie

Ci-dessous se trouvent quelques conventions utilisées dans ce guide. Un glossaire complet se trouve à la page 265.

Dans les équations, les unités se trouvent toujours entre crochets. Par exemple « puissance [W] = tension [V] x courant [A] ».

Les valeurs monétaires sont suivies du symbole « $ » et sont exprimées en **dollars américains**, sauf indication contraire.

Les conversions monétaires suivantes sont utilisées :

1 Euro (EUR) = 1,23 US Dollar (USD)

1 Schilling kényan (KES) = 0,012 USD

1 Rand sud-africain (ZAR) = 0,133 USD

1 Leone de la Sierra Leone (SLL) = 0,000253 USD

(Les taux de conversion utilisés sont ceux d'août 2010).

Les **températures** sont exprimées en degrés Celsius (°C).

Le terme « **technologie énergétique** » se réfère à tout dispositif qui aide à la production, au stockage ou à la régulation d'énergie dans une radio ou à protéger l'équipement d'une radio contre les défauts potentiels dans la source de courant.

Le terme « **technologie génératrice d'énergie** » se réfère à toute technologie qui convertit de l'énergie chimique, mécanique, solaire ou autre en électricité – comme les panneaux solaires, les éoliennes, les groupes électrogènes, etc.

Un **générateur électrique** est un appareil qui convertit de l'énergie mécanique (provenant habituellement d'un arbre mécanique en rotation) en électricité. Certaines technologies génératrices d'énergie (comme les groupes électrogènes, et les turbines éoliennes ou hydrauliques) intègrent un générateur électrique.

Le terme « **groupe électrogène** » se réfère à tout appareil qui convertit l'énergie chimique d'un carburant (du diesel, du propane, de l'huile de jatropha, etc.) en énergie électrique, en utilisant un moteur à combustion et un générateur électrique.

Introduction

Pas de radio sans énergie de qualité. Pourtant, de nombreuses stations de radio africaines se battent encore avec des énergies peu fiables : que ce soit le réseau électrique public irrégulier ou un générateur au diesel sujet à de multiples dysfonctionnements et aux coûts élevés en carburant. Ce guide montre comment les stations de radio peuvent faire un meilleur usage de leurs ressources énergétiques actuelles et comment elles peuvent aussi tirer parti de ressources alternatives d'énergie, telles que les technologies à énergies renouvelables (TER). Ce guide veut aider les responsables de stations de radio à améliorer leur gestion de l'énergie. Il propose des études de cas, des feuilles de calcul, et des informations sur les technologies énergétiques importantes. Cette introduction décrit les défis énergétiques auxquels la plupart des stations de radio en Afrique, mais aussi dans d'autres parties du monde, sont confrontées ; elle ouvre aussi des approches pour y faire face. Cette introduction se conclut sur des conseils d'utilisation pour les autres chapitres de ce livre.

Le défi énergétique

La question de l'énergie est un véritable casse-tête pour les radios. L'alimentation en énergie représente parfois jusqu'à 50 % des frais de fonctionnement d'une radio. Sans une source électrique fiable, les stations ne peuvent pas remplir leurs missions les plus basiques : de la production de programmes à la diffusion. Or les deux principales sources d'énergie utilisées en Afrique, à savoir le réseau électrique public et les générateurs au diesel, posent des problèmes récurrents sérieux.

Le réseau public d'électricité en Afrique est peu fiable, voire inexistant dans de nombreuses régions. Ainsi, même si une station rurale peut être connectée en permanence à ce réseau, elle n'en aura bien souvent l'accès qu'un nombre restreint d'heures. Des pannes régulières et imprévisibles rendent difficile une diffusion continue, même durant les quelques heures durant lesquelles l'électricité publique est en principe disponible ; d'importantes fluctuations de la tension contribuent

encore aux problèmes en réduisant la durée de vie des équipements électroniques essentiels et en augmentant les risques de décharges électriques. Les zones urbaines ont habituellement un accès plus régulier au réseau électrique, mais celui-ci est souvent aussi variable et imprévisible qu'en milieu rural – et parfois plus encore. Les gouvernements africains continuent à investir dans un meilleur accès aux énergies publiques (voir des exemples au **chapitre 11**). Mais, en raison de la croissance démographique dans les villes, la demande d'énergie ne cesse d'augmenter. L'éparpillement de la population rurale en Afrique rend l'extension du réseau électrique vers ces zones très onéreuse. Il paraît donc improbable que l'on assiste dans un futur proche à une évolution radicale du réseau public d'électricité. La fourniture publique d'énergie présente sans doute l'avantage d'être bon marché et pratique, mais en Afrique elle présente des entraves fortes qui limitent fortement le fonctionnement d'une radio qui est donc obligée de se tourner vers des sources d'énergie alternatives.

Les groupes électrogènes (générateurs basés sur la combustion, principalement au diesel) sont une source répandue d'énergie pour les radios, que ce soit comme source d'énergie unique ou comme source principale ou de secours. Les groupes électrogènes au diesel représentent une option attractive en raison de leurs faibles coûts de mise en service en comparaison des technologies à énergie renouvelable. Grâce à leur utilisation répandue en Afrique et leur similarité avec les moteurs des voitures et des camions, ils profitent d'une infrastructure de maintenance importante : les pièces détachées sont relativement faciles à trouver, et l'expertise pour la réparation et la maintenance des composants est très répandue également. Cependant, le gros désavantage de ces groupes électrogènes au diesel est le coût d'utilisation très élevé, qui n'inclut pas seulement le coût du carburant, mais également le coût de transport du carburant depuis le point de vente jusqu'à la radio (la **FAQ 4.2** du **chapitre 4** propose des conseils pour évaluer le coût réel à long terme du carburant pour un groupe électrogène). Les groupes électrogènes qui utilisent du carburant fossile contribuent également à l'exploitation minière, à la déforestation et au réchauffement climatique ; ils sont également vulnérables aux fluctuations du prix du carburant sur le marché. Ils sont également tributaires des subventions gouvernementales, qui elles-mêmes sont versatiles. En un mot, malgré la difficulté d'établir des prévisions sur leur

évolution, le prix du carburant va certainement augmenter dans le futur. Selon les déclarations d'une autorité américaine dans le domaine énergétique, les prix globaux du pétrole ont doublé entre 2000 et 2010 ; ils pourraient encore doubler entre 2010 et 2030 [1]. Il est prudent d'anticiper une telle tendance plutôt que de l'ignorer, surtout en voyant l'effet qu'une petite modification du prix du pétrole peut avoir sur le budget global d'une radio.

Cinq étapes pour une meilleure gestion de l'énergie

Une bonne gestion de l'énergie rend une station plus à même de répondre à ses besoins. Ce guide est structuré autour de cinq axes destinés à améliorer la gestion de l'énergie d'une radio. Chaque chapitre, ou groupe de chapitres se concentre sur une ou plusieurs des étapes ci-dessous. Chaque étape est résumée dans cette introduction, ainsi que dans la check-list du planning dans l'**annexe A.1**.

Étape 1. Évaluer les besoins énergétiques. Une évaluation précise de l'énergie – une étude des besoins énergétiques d'une radio – est essentielle pour chaque projet visant à l'amélioration de la gestion énergétique d'une station. Une évaluation énergétique indique quelle quantité d'énergie supplémentaire (si besoin) est demandée par la station en supplément de ce qui est prélevé sur le réseau électrique public, et quel type et quelle taille de technologie génératrice d'énergie sont requis pour répondre aux besoins. Une évaluation énergétique aide également à identifier les économies potentielles d'énergie en déterminant les éléments de la station qui consomment le plus d'énergie. Les évaluations contiennent les calculs de qualité, de durée, de fluctuation et de priorité des charges énergétiques d'une radio. Le **chapitre 2** présente la manière de réaliser une telle évaluation énergétique.

Étape 2. Identifier les économies potentielles d'énergie. Réduire l'énergie utilisée dans une radio est le meilleur moyen et le plus rapide de réduire les dépenses énergétiques. Les économies d'énergie sont encore plus importantes si une technologie à énergie renouvelable (TER) est utilisée dans la station. L'énergie peut être économisée en remplaçant les pièces dispendieuses en énergie par d'autres plus économes, permettant ainsi d'économiser de l'énergie, ou en redistribuant

Encadré 0.1

1 kW produit par une éolienne peut-il alimenter un émetteur de 1 kW ?

A priori, on imagine qu'une éolienne produisant un kilowatt (1 kW) fournit l'énergie requise pour le fonctionnement d'un émetteur de 1 kW. Mais cela est loin d'être vrai. Un émetteur qui produit un signal de 1 kW consomme plus que 1 kW d'énergie — jusqu'à 3 kW pour un système inefficace. L'estimation de la production d'énergie par une éolienne est également confuse, puisqu'elle est calculée pour des conditions de vent idéales – pendant un jour venteux ou au moins une légère brise. Habituellement on estime que pour un jour moyen, une éolienne de 1 kW ne fournit pas plus d'un cinquième de sa puissance estimée. Si la station tourne 24 h / 24, l'éolienne ne fournira pas plus d'un dixième des besoins énergétiques de l'émetteur. Cela ne veut pas dire que la technologie éolienne ne vaut pas le coup, mais seulement que l'on doit sélectionner avec soin la technologie la plus appropriée pour une radio. Le **chapitre 4** résume les paramètres à prendre en compte lorsqu'on évalue les coûts et performances des technologies génératrices d'énergie.

l'énergie pour qu'elle coïncide avec les périodes de forte demande énergétique. Le **chapitre 2** décrit les principaux éléments énergivores d'une station radiophonique et fournit quelques suggestions pour réduire la consommation et éviter le gaspillage.

Étape 3. Sélectionner une technologie et un système énergétique appropriés. Le fil conducteur de ce guide consiste à décrire les technologies qui peuvent permettre de réduire le coût de la fourniture énergétique et/ou améliorer la production, la fiabilité, la sécurité et la qualité électriques de cette source. Le **chapitre 3** décrit les principaux types de système énergétique qu'une radio peut envisager, et résume leurs avantages et inconvénients. Les **chapitres 4, 5** et **6** sont dédiés aux technologies génératrices d'énergie, et le **chapitre 7** se concentre sur les technologies servant au stockage et à la régulation d'énergie électrique. Ces chapitres sont résumés ci-dessous.

Technologie génératrice d'énergie. Il s'agit des technologies qui génèrent de l'énergie électrique, telle que les groupes électrogènes au diesel, ainsi que les technologies à énergie renouvelable (TER) comme les éoliennes, les panneaux solaires et les turbines hydrauliques. Il n'est pas toujours évident de déceler si l'une ou l'autre de ces technologies peut ou non répondre à la demande énergétique d'une radio (voir **encadré 0.1** pour une illustration). Le **chapitre 4** présente les principaux paramètres à prendre en compte lorsqu'on évalue le coût et la production énergétique de ces technologies. Cela peut aider à évaluer si de tels systèmes

peuvent pourvoir aux besoins énergétiques d'une radio à un coût réaliste, et à comparer les systèmes entre eux.

Le chapitre inclut des analyses types montrant les coûts et performances plausibles de deux systèmes à énergie renouvelable (l'un basé sur l'éolien, l'autre sur le solaire). Il se conclut par un tableau récapitulatif mettant en parallèle les types de technologies génératrices et les paramètres qui déterminent leurs coûts et performances. Le **chapitre 5** présente les diverses technologies à énergie renouvelable (TER). Il décrit les aménagements, les prérequis en terme de ressources naturelles, la production énergétique, les facteurs de perte, les conventions et les conditions industrielles et politiques propres à chaque TER (panneaux solaires, système éolien et installations hydrauliques). Il contient également des informations sur deux technologies émergentes (énergie organique et biogaz). Le **chapitre 6** décrit les principaux paramètres des groupes électrogènes, incluant entre autres les façons de réduire leurs coûts en carburant.

Les technologies de stockage et de régulation de l'énergie. Les stations peuvent optimiser leurs ressources énergétiques en stockant l'énergie dans des batteries pour qu'elle soit utilisée dans des moments utiles, plutôt que de la gaspiller. Les contrôleurs de charge augmentent la durée de vie des batteries en leur fournissant de l'électricité en proportion correcte ; les convertisseurs assurent que les batteries fournissent une alimentation adéquate aux périphériques électroniques sensibles de l'installation. Un équipement de régulation électrique (tel que l'UPS, pour Uninterruptible Power Supply en anglais) régule la source énergétique et bascule immédiatement vers le système d'alimentation d'urgence lorsque la source principale tombe en panne de façon imprévue. Cette technologie permet de tirer le meilleur profit des sources d'alimentation existantes et protège l'équipement de fluctuations de tension, de courant et de fréquence. Une autre forme de protection est de prémunir les équipements essentiels de la station contre les pannes et les fluctuations de courant afin que les sources d'énergie puissent alimenter la station plus longtemps, même lorsqu'elles sont appauvries. Le **chapitre 7** passe en revue ces technologies.

Étape 4. Planifier la gestion du système à long terme. Les technologies énergétiques représentent des investissements à long terme, avec une durée de vie

comptée en années ou même en décennies. Un planning à long terme est nécessaire pour assurer la longévité optimale des équipements. Il est recommandé que chaque station nomme un « gestionnaire de l'énergie » pour planifier, prévoir et gérer les tâches décrites dans le **chapitre 8**. Ces tâches incluent : la maintenance, l'évaluation, l'identification et l'ajustement suite à des changements au niveau de la charge énergétique, l'étude des économies d'énergie, la formation des techniciens, des opérateurs et des utilisateurs, le partage de l'expérience, de l'expertise et (dans certains cas) de l'énergie elle-même avec d'autres groupes de la communauté.

Étape 5. Sélectionner et travailler avec des fournisseurs d'énergie pour planifier et installer la technologie. Les fournisseurs de technologie énergétique sont des particuliers et des entreprises qui proposent des équipements énergétiques et aident à la planification, à l'installation et aux révisions de ces équipements. En plus de l'évaluation des besoins énergétiques de la radio, il est tout aussi important d'évaluer le savoir-faire et l'expertise technique dont la station aura besoin pour mener à bien son projet énergétique.

La technologie énergétique est un investissement à long terme avec des coûts initiaux élevés, et c'est pourquoi une expertise efficace au bon moment peut avoir une grande influence sur le coût et le succès de l'entreprise. Il est fortement recommandé que les radios consultent des fournisseurs d'énergie professionnels et des spécialistes indépendants et expérimentés à chaque étape de leur démarche depuis l'évaluation du coût de l'installation jusqu'à la planification de la maintenance. Le **chapitre 9** contient des conseils pour bien choisir ce fournisseur de technologie énergétique et pour travailler efficacement avec lui de façon à garantir le succès du projet.

Comment utiliser ce guide

Ce guide ne se veut pas être un manuel de type « Do It Yourself » pour la fabrication, l'installation ou la maintenance de technologies énergétiques ; il n'est pas non plus une formule magique qui affirmera quelle technologie est la meilleure pour une radio donnée. Chaque radio a des besoins énergétiques différents, d'où

découlent différentes solutions. Ce guide ne remplace pas un expert en énergie ou un consultant qualifié. Il peut cependant aider à faire des choix judicieux et à formuler les bonnes questions à poser aux spécialistes.

Ce guide résume les technologies principales pour économiser, générer, exporter, stocker et réguler l'énergie. Il passe en revue différentes manières de protéger l'équipement électrique de valeur et décrit les principaux paramètres à prendre en compte lors du choix entre plusieurs options visant à améliorer la situation énergétique d'une radio. Ce guide est conçu de façon à informer les radios sur les risques et les avantages des diverses technologies énergétiques, à les conseiller quant à la planification et la gestion d'un projet énergétique, et à aider les radios à travailler avec les fournisseurs de technologies énergétiques et les consultants pour s'orienter vers la meilleure solution possible dans un contexte spécifique.

Ce guide contient également les éléments suivants :

Des **concepts de base en énergie et en électricité (chapitre 1).** Ce chapitre donne un aperçu des concepts clés relatifs à l'énergie et à l'électricité, et les unités de mesure utilisées.

Les études de cas proposées dans le **chapitre 10** et certains **encadrés** sont des expériences de stations de radio d'Afrique ou d'ailleurs qui ont adopté certaines technologies énergétiques, et en particulier les technologies à énergie renouvelable (TER). Les informations pour contacter ces stations sont reprises dans l'**annexe D.2**, sous le titre « **chapitre 10** ».

Le **chapitre 11** propose des informations sur les **entreprises productrices d'énergie** que l'on peut trouver en Afrique (et également la façon de créer une telle entreprise). Seront abordées aussi les différentes **aides gouvernementales** qui peuvent être utilisées lorsqu'on cherche à faire usage de technologies énergétiques à petite échelle.

Des **encadrés FAQ** (Frequent Asked Questions) sont répartis un peu partout dans le guide. Ils contiennent les réponses aux questions les plus fréquentes à propos de la gestion de l'énergie. Ces questions vont de « Comment puis-je estimer le coût à long terme du carburant pour un générateur au diesel » (FAQ 4.2, chapitre 4) à « Y a-t-il assez de vent dans ma région pour justifier l'utilisation d'une

éolienne » (FAQ 5.2, chapitre 5). Une liste de toutes ces questions fréquemment posées se trouve à la page 12 de ce livre.

Au début de chaque section clé des chapitres, le lecteur trouvera une présentation des **points essentiels** de ladite partie dans des encadrés intitulés **D'un coup d'œil**. Ces encadrés proposent un résumé du contenu de la section, mais ils permettent aussi aux lecteurs pressés d'avoir une introduction rapide aux sujets principaux qui y sont développés.

Les **feuilles de calcul (annexe A)** fournissent des formulaires dans lesquels le lecteur pourra entrer les données relatives au calcul de l'énergie d'une station, par exemple pour estimer la charge énergétique journalière d'une station, ou comparer les coûts annuels de différentes sources d'énergie. Des versions de ces feuilles de calcul peuvent être téléchargées depuis le site Internet du CAMECO à l'adresse **www.cameco.org/publications/.**

L'**annexe B** donne des informations utiles concernant la gestion de l'énergie, telles la consommation d'énergie typique des équipements radiophoniques les plus répandus, et les cartes des vents et de l'exposition solaire en Afrique.

Les extraits de **fiches techniques (annexe C)** sont des exemples annotés de fiches techniques pour deux technologies énergétiques : les panneaux solaires et les éoliennes.

Des ressources pour aller plus loin (annexe D). Ces pages présentent des sociétés, des experts, des organisations, des livres, des sites web ainsi que des logiciels utilitaires qui peuvent aider à la bonne gestion de l'énergie. Ces ressources sont organisées par chapitre dans l'**annexe D.2**, et une liste des ressources générales de référence se trouve dans l'**annexe D.1**.

Concepts de base d'énergétique et d'électricité

1

Pour planifier, gérer et assurer la maintenance d'une technologie énergétique, il est utile d'appréhender certains principes sous-jacents. Ce chapitre a pour but de donner au lecteur une brève introduction aux questions de l'énergie et de

D'un coup d'œil

Électricité et énergie

Le **voltage** ou la **tension** est l'énergie gagnée ou perdue par les composants d'un circuit électrique. La tension est mesurée en **volts (V)**.

Le **courant** d'un circuit électrique est la mesure du débit des électrons dans le circuit. Le courant est mesuré en ampères ou **amps (A)**.

L'**énergie** est la capacité à produire un travail physique.

La **puissance** est le taux auquel l'énergie est produite ou utilisée. Elle se mesure en **watts (W)** ou en **kilowatts (kW)**. 1 kW équivaut à 1000 W.

Le kilowattheure (kWh) est utilisé pour mesurer la consommation d'énergie dans les maisons ou les bureaux par exemple. 1 kWh est la quantité d'énergie équivalente à l'énergie produite ou consommée par une puissance d'1 kW pendant une durée d'une heure.

Puissance (kW) = énergie (kWh) / temps (h)

Énergie (kWh) = puissance (kW) x temps (h)

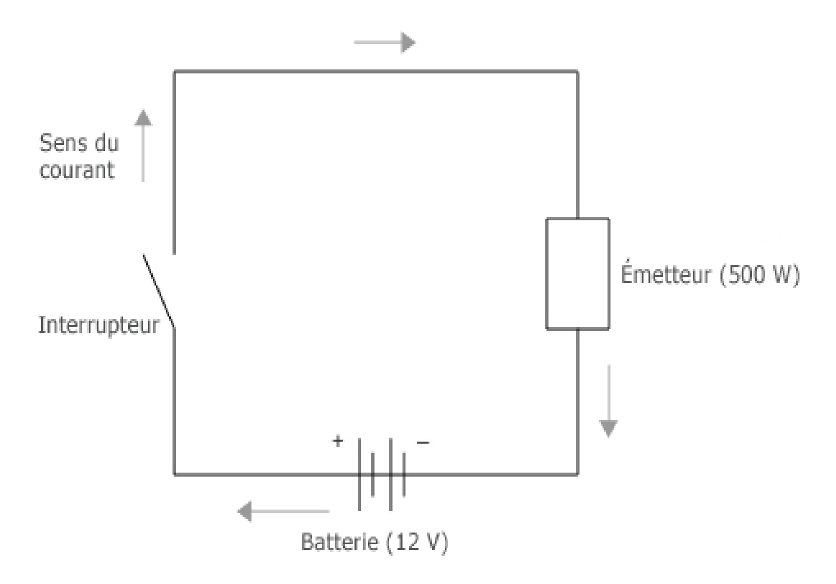
Puissance électrique (W) = tension (V) x courant (A)

l’électricité, ainsi qu’à la façon de les mesurer. Les chapitres suivants utiliseront les concepts et unités présentés dans ce chapitre.

Électricité

Les circuits et les diagrammes de circuit

Un diagramme de circuit tel que celui ci-dessous est une façon schématique de représenter comment l’électricité fournit de la puissance à des charges électriques. Dans le cas de l’illustration 1.1, une batterie alimente un émetteur, et un interrupteur permet de déclencher ou d’empêcher la circulation du courant.

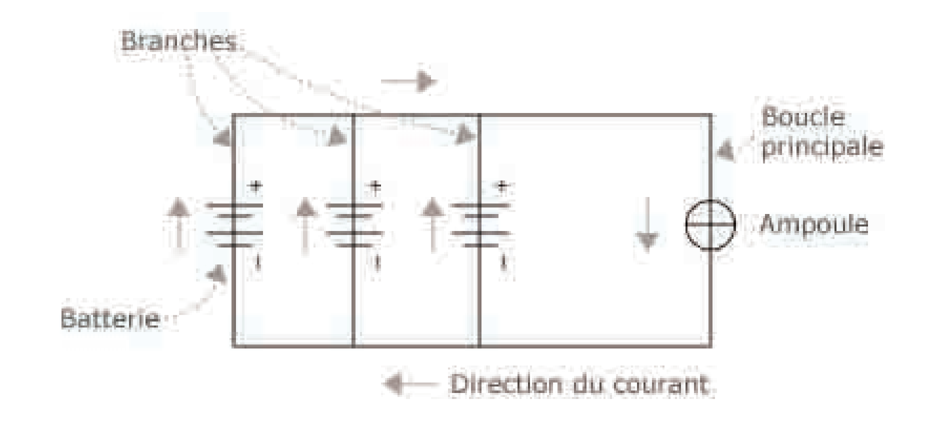


ILL. 1.1
Schéma d’un **circuit simple**, contenant une batterie, un interrupteur et un émetteur. Quand l’interrupteur est fermé, le courant parcourt le circuit dans le sens indiqué. Schéma : auteur

Circuits en série et en parallèle

Des circuits électriques consistant en une seule boucle (tel celui en ILL. 1.1) sont appelés des circuits en série. A l’inverse, des circuits composés de plusieurs “branches” (tel celui en ILL. 1.2) sont appelés circuits en parallèle. La tension et le courant se calculent différemment selon le type de circuit rencontré. Par

exemple, un lot de batteries connectées en série produira ensemble une tension qui sera la somme des tensions de chaque batterie. Le même groupe de batteries connectées en parallèle fournira la même tension qu'une seule de ces batteries prise séparément. Pour le courant, c'est la situation inverse : le courant dans un circuit en série est le même tout le long du circuit, tandis que dans un circuit parallèle, le courant principal équivaut à la somme des courants dans les branches du circuit. Ces règles nous enseignent que les batteries, panneaux solaires ou autres composants électriques peuvent se raccorder de différentes façons, qui donneront autant de tensions et courants principaux différents.



ILL. 1.2
Un circuit parallèle. On suppose que les batteries ont des tensions équivalentes. Comme les batteries sont connectées en parallèle, la tension sur l'ampoule équivaut à la tension d'une seule des batteries. Mais le courant dans la boucle principale est la somme des courants dans chacune des branches.
Schéma : auteur

Courant

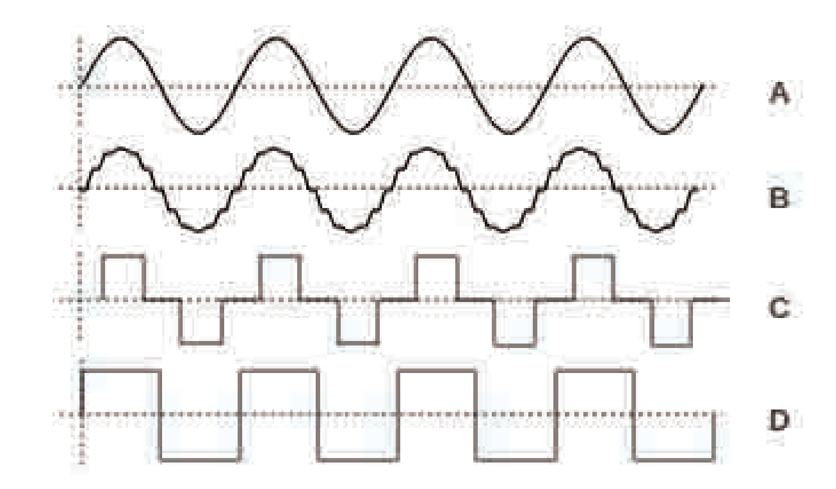
Le **courant** – comme le courant dans une rivière ou un fleuve – est le taux auquel une quantité traverse un support donné. Dans une rivière, la quantité est un volume d'eau et le support est le lit de cette rivière. Dans un circuit électrique, la quantité est un certain nombre d'électrons et le support est un fil conducteur. L'unité de mesure du courant électrique (l'ampère) intègre le fait que le courant est une mesure de débit. Si un fil est parcouru par un courant de 1 A, cela signifie qu'environ 6 milliards d'électrons traversent chaque point du fil à chaque seconde.

Tension

La tension est l'énergie qui est gagnée ou perdue par un courant électrique lorsqu'il traverse une batterie (gain énergétique) ou une charge électrique (perte énergétique). L'unité de la tension est le volt (V). Les tensions typiques sont de 12 V pour les batteries et 110 V ou 220 V pour une source d'énergie publique (prise murale par exemple).

Le courant alternatif

Les diagrammes présentés jusqu'à présent ont décrit des circuits en courant continu (DC pour "direct current" en anglais) : il s'agit d'un courant basé sur une polarité (sens du courant) invariable. Le courant alternatif (AC pour "alternative current" en anglais) change de polarité en des intervalles fréquents et constants. La **fréquence** d'un courant AC mesure le taux de changement de polarité de ce courant dans le temps. L'unité standard de mesure de la fréquence est l'hertz (Hz). Un courant de 1 Hz change de polarité une fois par seconde. Les courants domestiques typiques de 50 Hz ou 60 Hz changent de direction 50 ou 60 fois chaque seconde. La **forme d'onde** du courant AC représente la façon dont le courant varie dans le temps. Une onde carrée AC représente un courant qui



ILL. 1.3
Quatre formes d'onde, allant de la pure sinusoïdale (A) jusqu'à l'onde carrée (D). Les deux formes d'onde intermédiaires sont une onde carrée modifiée (C) et une onde digitalement synthétisée formée de plusieurs paliers (B). Sur chaque graphe, les segments de l'onde situés au-dessus de la ligne pointillée représentent les moments où le courant parcourt le circuit dans une direction, tandis que les segments situés au-dessous représentent les périodes durant lesquels le courant va dans l'autre sens.

change de polarité de façon abrupte. Une onde sinusoïdale nous montre un courant qui change de directions continûment, à la façon d'une courbe sinusoïdale. Une forme de sinusoïdale modifiée est une forme intermédiaire qui change de direction en plusieurs étapes distinctes ou paliers (voir **ILL. 1.3)**.

L'avantage du courant alternatif est qu'il est relativement aisé de modifier sa tension. Aussi est-il le plus répandu dans les systèmes à grande échelle, au sein desquels la tension doit être maximisée pour le transport à haute tension et minimisée pour l'utilisation domestique, par exemple. En raison de la plus grande utilisation du courant AC, les périphériques utilisant ce type de courant sont en général plus répandus sur le marché, moins chers et plus faciles à mettre en service que leurs équivalents fonctionnant en courant continu. D'un autre côté, les panneaux solaires et les batteries produisent de l'électricité DC, et la conversion de DC vers AC dans des convertisseurs peut provoquer des pertes d'énergie non négligeables, surtout si le convertisseur est souvent utilisé à basse puissance (le **chapitre 7** contient plus d'informations sur les convertisseurs).

Énergie et Puissance

Énergie

L'énergie est définie de manière simpliste comme la capacité à produire un travail physique. L'unité standard de l'énergie est le **joule** (J), mais dans la vie de tous les jours le kilowattheure (kWh) en est l'unité la plus répandue (voir **FAQ 1.1**). L'énergie peut prendre différentes formes, comme l'énergie cinétique d'un projectile ou d'un liquide en mouvement, ou encore l'énergie chimique d'un carburant fossile. L'énergie électrique est essentiellement la somme des énergies cinétiques des électrons qui circulent dans un ou plusieurs câbles. Cette énergie est utilisée dans les circuits électriques des ordinateurs, des émetteurs ou d'autres dispositifs ; pour émettre de la lumière avec des ampoules ou de la chaleur dans les bouilloires ; et pour alimenter les moteurs électriques présents dans de nombreuses applications, depuis les ventilateurs d'un émetteur jusqu'à la platine amovible d'un lecteur DVD ou CD.

FAQ 1.1

Qu'est-ce qu'un kilowattheure (kWh) ?

1 kWh est la quantité d'énergie consommée par un appareil fonctionnant avec une puissance de 1 kW pendant une heure. Il s'agit approximativement de l'énergie consommée par une ampoule de 20 W pendant 2 jours, ou par un ordinateur de bureau fonctionnant pendant 3 heures. Mais attention aux points suivants :

Le kWh est une unité d'énergie et non de puissance, bien que l'unité de puissance (le kW) soit incluse dans son expression. Cela se comprend, car l'unité de kWh contient une unité de temps (l'heure). Un appareil d'une puissance donnée fonctionnant durant un certain laps de temps consomme une certaine quantité d'énergie.

Le fait qu'un appareil consomme, par exemple, 2 kWh ne signifie pas forcément qu'il fonctionne pendant une heure à 2 kW. L'appareil peut fonctionner à une puissance de 2 kW pendant 1 heure. Mais il peut également fonctionner à 1 kW pendant 2 heures, ou à 4 kW pendant une demi-heure, et ainsi de suite. Dans tous ces cas de figure, l'appareil consomme 2 kWh.

Puissance

La puissance est le taux auquel de l'énergie est produite ou consommée. Au sens strict, il s'agit du taux auquel une énergie est transformée en une autre, par exemple l'énergie chimique d'une batterie est transformée en énergie électrique dans un câble. L'unité standard de puissance est le **watt** (W). Un dispositif qui produit 1 W de puissance produit 1 J d'énergie chaque seconde. 2 W équivalent

à 2 J par seconde ; 1 000 W (ou 1 kW) équivalent à 1 000 joules par seconde, et ainsi de suite.

La puissance produite par une source d'énergie (comme un panneau solaire ou un générateur au diesel) est généralement appelée la puissance de sortie. La puissance qu'un dispositif de régulation électrique (comme un convertisseur ou un régulateur de tension) peut supporter sans coupure est généralement appelée la capacité de puissance. La puissance consommée par un appareil est généralement appelée la puissance extraite.

La puissance est différente de l'énergie, mais les deux concepts sont intimement unis. Le lien entre eux est le temps. La puissance est la quantité d'énergie produite ou consommée par unité de temps. Et une puissance donnée maintenue pendant un certain laps de temps donne une certaine quantité d'énergie. La même quantité d'énergie peut être fournie ou consommée à différentes puissances : l'énergie d'une batterie par exemple peut être utilisée rapidement en quelques heures ou plus lentement en plusieurs mois. Et la même puissance peut produire ou consommer différentes quantités d'énergie, selon la durée pendant laquelle elle est maintenue : une ampoule de 60 W allumée toute une nuit consommera plus d'énergie que la même ampoule allumée uniquement pendant la soirée.

Les formules suivantes permettent la conversion entre puissance et énergie :

Puissance [kW] = énergie [kWh] / temps [heure]
Énergie [kWh] = puissance [kW] x temps [heure]

Utilisons à titre d'exemple la seconde formule : un panneau solaire qui fournit une puissance de 0,5 kW pendant 5 heures par jour fournira 2,5 kWh d'énergie par jour (0,5 x 5 = 2,5).

Énergie et puissance dans les circuits électriques

La puissance fournie par une batterie (ou consommée par une charge électrique) dépend de la tension dans la batterie et du courant dans le circuit :

Puissance [W] = tension [V] x courant [A]



ILL. 1.4
Chaque ensemble de panneaux solaires du parc solaire de Radio Pacis (Ouganda) génère environ 1,8 kW de puissance électrique à ensoleillement maximal. Durant une journée comprenant 5 heures d'un tel ensoleillement, chaque ensemble fournit donc à peu près 9 kWh d'énergie (1,8 x 5 = 9).
Photo : CAMECO

Par exemple, une batterie fournissant 24 V avec un courant de 10 A développera une puissance de 240 W (24 x 10 = 240). La puissance dépend de l'ampleur et du courant et de la tension électrique – si on augmente ou diminue l'un ou l'autre, la puissance augmentera ou diminuera en fonction.

Au sens strict, la formule ci-dessus ne calcule pas la **puissance réelle** (en W) d'un circuit. En réalité elle permet de calculer la **puissance apparente** (en voltampère ou VA). En courant continu, la puissance apparente fournie par un dispositif est en général 1,2 à 1,5 fois plus élevée que la puissance réelle, autrement dit, la puissance réelle est en général 0,7 à 0,8 fois plus petite que la puissance apparente. Par exemple, un générateur avec une puissance apparente de 5 000 kVA peut en fait n'avoir qu'une puissance réelle de 3 500 W (5 000 x 0,7 = 3 500). Cela est dû à un paramètre électrique appelé le **facteur de puissance**.



Économie d’énergie et évaluation des besoins énergétiques

La première étape vers une gestion maîtrisée de l’énergie est de déterminer la quantité d’énergie utilisée par la radio durant une journée type. L’évaluation des besoins énergétiques identifie les charges principales de la station et estime l’utilisation quotidienne totale d’énergie. Elle peut aussi mettre en exergue la qualité, la répartition et la variation de l’utilisation de l’énergie. Effectuer cette évaluation peut aider à identifier les principales causes de pertes énergétiques dans la radio. Une évaluation énergétique aide également à sélectionner et dimensionner les technologies énergétiques décrites dans les **chapitres 3 à 6**.

La seconde étape pour améliorer l’approvisionnement énergétique – et le chemin le plus direct vers l’économie d’énergie et d’argent – est d’utiliser moins d’énergie. Cela passe par l’identification des charges principales de la radio et l’élaboration de techniques visant à les rendre plus efficaces – soit par une réduction du gaspillage, par un remplacement des unités inefficaces par d’autres plus efficaces ou par une redistribution de la charge énergétique durant une journée.

Ce chapitre présente des principes de base relatifs à l’économie d’énergie et à l’évaluation énergétique ; il propose aussi des suggestions sur la bonne utilisation de l’énergie et sur les possibilités d’économies énergétiques pour les principales charges d’une radio.

Économie d’énergie : les fondamentaux

Économiser l’énergie signifie diminuer l’utilisation de l’énergie tout en conservant la capacité de la radio à accomplir ses tâches essentielles. Économiser l’énergie est particulièrement important lorsque des groupes électrogènes ou des technologies à énergie renouvelable (TER) sont utilisés, car ces sources sont en général plus chères que le réseau électrique public. Les réductions d’utilisation de l’énergie

se traduisent en réductions des coûts énergétiques, à la fois au niveau des coûts initiaux et des coûts futurs liés à la technologie énergétique (voir **encadré 2.1**).

Les principaux moyens de réduire l'énergie sont :

Réduire le gaspillage en utilisant l'équipement avec soin. C'est la façon la moins chère pour économiser l'énergie, mais cela requiert un effort à long terme des utilisateurs. Nommer un « gestionnaire énergétique » peut grandement simplifier la tâche, ainsi qu'établir une liste des tâches pour la supervision de l'utilisation énergétique de la station. Parmi ces démarches simples pour réduire le gaspillage, on peut citer les exemples suivants : éteindre les lumières lorsque leur utilisation n'est pas nécessaire, éteindre les périphériques électriques s'ils ne sont pas utilisés, fermer les portes et les fenêtres lorsque la climatisation est enclenchée, etc. On trouvera d'autres exemples, ci-dessous sous le titre « Les charges énergétiques principales d'une radio ».

Remplacer les appareils énergivores par des appareils à faible consommation. Cela implique de remplacer les vieux appareils par des nouveaux. Les appareils énergétiquement économes accomplissent le même rôle en utilisant moins d'énergie que des appareils consommateurs d'énergie. Par exemple, les ordinateurs portables remplissent essentiellement les mêmes fonctions que les ordinateurs de bureau en consommant approximativement trois fois moins d'énergie ; et les ampoules compactes à lumière fluorescente produisent la même quantité de lumière que les ampoules incandescentes en demandant nettement moins de puissance. Les équipements énergétiquement économes ont parfois un coût initial plus élevé, mais ces coûts sont souvent compensés par une réduction de la facture énergétique. Le temps qu'il faut pour obtenir cette compensation de la différence de coût initial est appelé le temps de retour sur investissement (l'**annexe A.5** contient une feuille de calcul pour déterminer ce paramètre des équipements économes en énergie). Lorsqu'on compare la consommation énergétique de différents périphériques, il est également important de prendre en compte la quantité d'énergie que chacun engendrera durant la totalité de sa durée de vie, comme pour l'exemple des ampoules énergétiquement économes (voir **encadré 2.2**).

Redistribuer la charge énergétique pour correspondre aux besoins du système d'alimentation. L'énergie peut être économisée en travaillant durant les

Encadré 2.1

Économie de coût et efficacité énergétique

Les technologies génératrices d'énergie comme les éoliennes et les panneaux solaires sont bien souvent plus chères par kWh que le réseau électrique public. De ce fait, les efforts produits pour économiser de l'énergie sont encore plus rentables dans le cas de ces sources d'énergie. Par exemple, un système à énergie solaire coûte approximativement 10 000 $ par kW installé. En moyenne, les panneaux solaires en Afrique produisent environ 6 kWh d'énergie par jour pour chaque kW installé. Et donc, une station fonctionnant sur l'énergie solaire et économisant par exemple 3 kWh par jour économisera environ 5 000 $ sur le coût initial du système.

La table à la fin de ce chapitre (ILL. 2.7) montre une répartition plus détaillée des économies potentielles relatives à l'efficacité énergétique d'une station.

moments où la source d'énergie la moins chère – en général le réseau électrique public – est disponible. Cela signifie que les dispositifs qui consomment le plus d'énergie devraient si possible être utilisés lorsque le réseau public est disponible. De même, redistribuer la demande énergétique d'une station durant la journée permet d'éliminer les pics de consommation qui augmentent fortement le coût des technologies énergétiques, des batteries et des équipements de régulation (les convertisseurs, les contrôleurs de charge, les alimentations sans interruption – UPS – et les régulateurs de tension sont généralement classés selon leur puissance, et celle-ci détermine en grande partie leurs prix). Répartir la consommation quotidienne tout au long de la journée aide également à éviter les pertes liées à l'utilisation de groupes électrogènes et de convertisseurs fonctionnant en dessous de leur puissance maximale.

Encadré 2.2

Le coût et les économies énergétiques des équipements à faible consommation

Lorsque l'on effectue une comparaison économique entre l'équipement énergivore et celui à faible consommation énergétique, il est important de prendre en compte les réductions de dépense que l'équipement à faible consommation entraînera sur la facture énergétique. Cette estimation de l'économie est également influencée par la durée de vie de l'appareil.



ILL. 2.1
Une ampoule compacte fluorescente (à gauche) et une ampoule à incandescence (à droite). Images : All energies.net, Cambridge Energy Alliance

Par exemple, une ampoule à incandescence consomme approximativement 100 W pour produire la même intensité lumineuse qu'une ampoule compacte fluorescente (CFL) consommant environ 15 W. En considérant que les ampoules sont utilisées pendant 5 heures quotidiennement, l'ampoule CFL économise plus ou moins 155 kWh par an. Cela équivaut environ à 75 $ d'économie annuelle si chaque ampoule est alimentée par un groupe électrogène ou par des panneaux solaires, et 8 $ si elle est alimentée par le réseau électrique public.* Dans les deux cas, le coût initial de l'ampoule

CFL sera rapidement compensé par les économies dues à l'efficacité énergétique.

Cette analyse considère que les ampoules fonctionnent durant le même laps de temps. En réalité, les ampoules CFL ont une durée de vie environ 10 fois supérieure aux ampoules à incandescence. Cette durée de vie plus longue suffit ordinairement à compenser le coût supplémentaire des ampoules CFL avant même que les économies sur la facture soient prises en compte. L'**annexe A.5** contient une feuille de calcul pour l'estimation de la période de récupération, c'est-à-dire le temps qu'il faut pour que les économies d'énergie compensent le prix plus élevé d'équipement énergétiquement efficace.

Dans certains pays, la vente d'ampoules à incandescence est d'ores et déjà enrayée, car le gouvernement soutient de manière proactive la transition vers les ampoules CFL. Une technologie encore plus efficace fait en outre son apparition en Asie et dans certaines parties de l'Europe : la technologie LED (pour Light Emitting Diode en anglais) ; toutefois ces sources de lumière n'ont pas encore atteint un rapport prix/performance pour en recommander l'utilisation dans les radios africaines, mais cette situation va probablement changer rapidement (le site http://lightingafrica.org est une bonne source d'informations sur ce sujet).

*Hypothèses de coût énergétique : panneaux solaires et groupes électrogènes à 0,5 $/kWh ; réseau électrique public à 0,05 $/kWh.
Source : Banque Mondiale et Laboratoire National de l'Énergie Renouvelable [2].

L'évaluation énergétique : de quoi s'agit-il et pourquoi est-ce important ?

Une évaluation des besoins énergétiques – une étude de l'usage énergétique d'une radio – remplit deux fonctions. D'une part, elle aide à identifier les possibilités d'économie d'énergie. Et d'autre part, elle aide à sélectionner et à dimen-

sionner les technologies énergétiques. L'évaluation des besoins énergétiques est particulièrement importante pour les radios qui envisagent l'utilisation de technologies à énergie renouvelable (par opposition aux groupes électrogènes), car le coût principal des TER (le coût initial de l'équipement) est déterminé par une estimation préalable des besoins énergétiques de la station. Au contraire, le coût principal d'un groupe électrogène (le coût en carburant) ne demande pas cette estimation prévisionnelle des besoins énergétiques – la quantité de carburant utilisée peut être contrôlée au fur et à mesure, en fonction des besoins de la station. Cependant, même dans le cas d'un groupe électrogène, une évaluation énergétique est requise pour un bon dimensionnement du dispositif : un groupe électrogène surdimensionné pourrait fonctionner en dessous de sa puissance nominale et donner ainsi lieu à une surconsommation de carburant ; et un groupe électrogène de trop faible puissance pourrait ne pas être capable d'assumer les charges les plus importantes de la station.

La façon la plus simple d'effectuer une évaluation des besoins énergétiques est de calculer l'énergie utilisée dans la station durant une journée type. La demande énergétique quotidienne de la plupart des appareils électriques peut être estimée à partir de leur puissance et du nombre d'heures durant lesquelles ils sont utilisés au cours d'une journée type :

Énergie par jour [kWh/jour] : puissance [kW] x nombre d'heures de fonctionnement par jour [heures/jour]

Une évaluation des besoins énergétiques peut également fournir des informations sur les points suivants :

Le système d'alimentation existant. L'alimentation disponible à partir du réseau public ou d'autres sources existantes (comme un groupe électrogène) doit être connue pour calculer s'il faut de l'énergie supplémentaire et quelle quantité est requise.

La variation quotidienne et le pic de charge. Le **pic de charge** est la plus haute consommation énergétique d'une station pendant une journée. Ce pic est un facteur important, car la plupart des technologies énergétiques possèdent des limites quant à la puissance qu'elles peuvent produire (pas seulement par rapport à l'énergie qu'elles peuvent fournir). En ce compris les technologies génératrices d'énergie, les technologies de stockage (batteries) et les technologies qui régulent

la source électrique (comme les inverseurs et les contrôleurs de charge). S'il existe des moments de la journée durant lesquels la charge est particulièrement élevée, la station peut économiser de l'énergie en distribuant cette charge plus équitablement tout au long de la journée. Il est également important de connaître combien il y a de chevauchements entre les moments où la station a particulièrement besoin d'énergie et les moments de disponibilité du réseau public : cela aide à déterminer quelle quantité doit être stockée ou produite en surplus.

La variation saisonnière et le mois de référence. **Le mois de référence** est le mois durant lequel le rapport entre la charge énergétique de la station et la production d'énergie est le plus élevé ; en d'autres termes, il s'agit du mois durant lequel les sources d'énergie de la station ont le plus de mal à répondre aux besoins (il n'est donc pas possible de déterminer le mois de référence tant que la variation annuelle des sources énergétiques est inconnue). Les technologies énergétiques devraient être sélectionnées de façon à ce qu'elles soient assez puissantes pour répondre au pic de charge durant le mois de référence.

La qualité électrique. Cela inclut le type de signal électrique dont la station a besoin (onde carrée, onde sinusoïdale modifiée, ou onde sinusoïdale pure) et la quantité de fluctuations en tension et en fréquence en provenance de la source d'alimentation qui peut être prise en charge par l'équipement de la station. Ces paramètres influent sur le niveau qualitatif du convertisseur et sur le type de régulateur de tension nécessaires dans la station.

La fiabilité et la charge critique. Certains équipements sont essentiels à la bonne marche d'une radio et requièrent des protections supplémentaires contre les pannes de la fourniture d'énergie, qu'il s'agisse du réseau public ou d'une source d'énergie autre ou des deux.

Les changements futurs de la demande. Un nouvel équipement, du personnel supplémentaire et une augmentation du temps d'antenne peuvent accroître (et parfois diminuer) la demande énergétique de la radio. La nouvelle technologie énergétique devrait être dimensionnée en tenant compte de ces modifications, qu'elle soit surdimensionnée pour la demande actuelle, ou qu'elle puisse être étendue dans le futur (par exemple, on prévoira un set de panneaux solaires sur lequel il est possible d'ajouter d'autres panneaux).

D'un coup d'œil

Évaluation des besoins énergétiques

Une évaluation des besoins énergétiques est une étude **des besoins d'énergie** d'une radio.

L'évaluation des besoins énergétiques aide à **identifier les possibilités d'économies énergétiques** et à **sélectionner et** à **dimensionner les technologies énergétiques**.

Les évaluations des besoins énergétiques sont **spécialement importantes pour dimensionner les technologies à énergie renouvelable (TER)** : une fois la technologie déployée, l'utilisateur a peu de choix (contrairement au carburant d'un groupe électrogène) concernant la capacité génératrice qu'il a acheté.

L'évaluation la plus basique consiste à trouver la consommation énergétique quotidienne de tous les équipements consommateurs d'énergie et de les additionner. L'**annexe A.2** contient une **feuille de calcul** qui sera utile pour effectuer ce calcul.

Des **évaluations avancées des besoins énergétiques** prendront en compte l'alimentation existante, les charges critiques, les futurs changements dans la consommation, et la qualité électrique requise.

Énergie par jour [kWh/jour] : puissance [kW] x nombre d'heures de fonctionnement par jour [heures/jour]

La **consommation énergétique moyenne des appareils** peut être trouvée en utilisant (par ordre de précision) des tables de données telles que reprises dans l'**annexe B.1**, des notes de fabricants et des prises de mesures directes au multimètre.

FAQ 2.1

Comment puis-je évaluer la consommation énergétique de l'équipement d'une radio ?

La façon la plus simple d'effectuer une évaluation des besoins énergétiques est de déterminer la consommation énergétique quotidienne des charges principales de la station, et de les additionner. La consommation d'un équipement peut être trouvée grâce aux éléments suivants :

Les données standards de consommation énergétique. Les tables contenant les consommations typiques des équipements les plus répandus peuvent donner une première approximation de la consommation énergétique d'une station. Le tableau de l'**annexe B.1** en est un exemple. La consommation énergétique varie énormément en fonction du type et de l'état de l'équipement utilisé, cette table ne peut donc pas se substituer à une étude des éléments réels de la station.

Les notes de fabricants. La plupart des appareils et des équipements électriques ont une puissance électrique estimée. Habituellement on trouvera celle-ci soit sur une étiquette ou sur une plaque accolée à l'appareil, soit dans le mode d'emploi ou sur les deux. Il s'agit d'une approximation utile de la consommation réelle, mais elle peut être surestimée (en raison du fabricant qui joue la sécurité) ou sous-estimée (en raison de la détérioration ou de la mauvaise utilisation de l'équipement). Dans la plupart des cas, les indications fournies par le fabricant sont suffisamment précises pour constituer une bonne base pour dimensionner et sélectionner une technologie énergétique. Par exemple, si un écran d'ordinateur est estimé à 30 W, on peut supposer qu'il utilisera effectivement 30 W.

La mesure directe. Un multimètre peut être utilisé pour mesurer la consommation électrique de chaque équipement. Cette mesure prend en compte les dysfonctionnements de l'équipement que le fabricant aurait pu ignorer. L'inconvénient est que cette démarche implique l'utilisation d'un multimètre par un technicien.

L'autosuffisance. Les stations fonctionnant avec du petit équipement ou de l'expertise locale, comme celles situées dans des régions isolées, sont plus vulnérables aux erreurs et aux pannes des technologies énergétiques. De l'équipement simple, durable et demandant peu de maintenance est essentiel pour ce type de radio, tout comme la formation de l'équipe dans l'utilisation et la maintenance des équipements.

L'annexe A.5 contient un questionnaire d'auto-évaluation qui calcule l'énergie quotidienne moyenne utilisée par la radio.





ILL. 2.2
Deux sources d'informations sur la consommation énergétique d'un équipement. L'étiquette d'un climatiseur (à gauche) et un multimètre (à droite).
Photos : CAMECO, B.BEAM

Charges énergétiques principales d'une radio

Cette section présente les charges énergétiques les plus importantes dans une station de radio et quelques techniques pour réduire leur consommation d'énergie.

Émetteurs

Les émetteurs sont habituellement de gros consommateurs, et de plus ils fonctionnent durant toutes les heures d'émission de la radio. Ils représentent donc une grande proportion de l'énergie utilisée par la station (entre 20 % et 60 % de

l'énergie quotidienne utilisée). Dès lors, posséder des émetteurs peu consommateurs d'énergie peut réduire significativement la facture énergétique totale.

Les émetteurs sont classés en fonction de l'énergie qu'ils émettent, mais en réalité ils consomment plus d'énergie qu'ils n'en transmettent. Un émetteur de 1 kW, par exemple, consommera rarement moins de 1,8 kW : presque deux fois l'énergie de transmission. Les émetteurs énergivores peuvent consommer encore beaucoup plus, en raison de mauvais ventilateurs et de perte de chaleur dans les fils et les composants électroniques. Ainsi un émetteur de 1 kW de piètre qualité peut consommer plus de 3 kW d'énergie. En d'autres termes, remplacer un émetteur énergivore par un autre plus économe en énergie peut réduire d'un tiers la consommation énergétique de l'émetteur, et la consommation énergétique de la station de 10 % à 20 %.

Effectuer une maintenance des émetteurs peut réduire leur consommation électrique. Le dissipateur thermique devrait être idéalement nettoyé tous les six mois, et les ventilateurs internes de l'émetteur remplacés tous les deux ans. Certaines radios essayent de réduire les risques de surchauffe de l'émetteur en plaçant un ventilateur externe devant celui-ci (voir ILL. 2.3). Cela n'est cependant pas à conseiller. Les ventilateurs externes provoquent d'autres problèmes en envoyant de la terre et de la poussière à l'intérieur de l'émetteur.

Des émetteurs modernes sont conçus pour fonctionner sur des sites où les températures atteignent les 40° Celsius, en supposant que l'émetteur n'est pas directement exposé aux rayons du soleil. La température de la pièce d'émission peut être réduite grâce à un système de ventilation naturelle. Si l'on opte pour une ventilation artificielle, on devra faire en sorte de canaliser l'air chaud en provenance de l'émetteur vers l'extérieur de la salle des émetteurs. Si ce n'est pas le cas, l'air chaud des ventilateurs internes réchauffera purement et simplement la pièce et l'émetteur.

Un câble de haute qualité entre l'émetteur et les antennes permettra d'économiser de l'énergie en réduisant les pertes par émission de chaleur. Des études au Niger ont montré qu'une radio ayant installé un second émetteur et un pylône pour augmenter sa zone de couverture aurait pu économiser cet investissement simplement en installant des câbles de meilleure qualité (plus épais) entre l'émetteur

et l'antenne. Les radios peuvent mesurer l'énergie rayonnée à l'antenne pour déterminer la quantité d'énergie de l'émetteur fournie à cette antenne. Cette mesure ne nécessite pas d'être effectuée de nombreuses fois durant la durée de vie d'un émetteur, et un technicien possédant l'équipement adéquat peut réaliser cette tâche. La mesure est spécialement bénéfique au début d'un projet radiophonique ou lorsque les auditeurs se plaignent d'un faible signal.



ILL. 2.3
À éviter : un émetteur refroidi par un ventilateur sur pied. Les ventilateurs externes soufflent de la terre et de la poussière dans l'émetteur.
Photo : Jonathan Marks

Climatiseurs

Les climatiseurs consomment des quantités importantes d'énergie, aussi tout investissement visant à l'amélioration des climatiseurs ou de l'isolation aura une influence positive sur le long terme grâce à une réduction des coûts énergétiques. Des climatiseurs mal entretenus sont une source fréquente de pertes énergétiques. Les pires de ces pertes peuvent être évitées en tenant compte des points suivants :

Enlever les éventuelles obstructions du système de condensation extérieure. Ce système doit amener de l'air dans le climatiseur de façon à assurer le refroidissement et la circulation de l'intérieur, mais ce processus est entravé s'il ne peut pas aspirer assez d'air de l'extérieur. Certaines personnes couvrent

intentionnellement leur climatiseur pour le protéger des intempéries – mais ce n'est pas nécessaire, car ces appareils sont conçus pour fonctionner à l'extérieur.

Changer ou remplacer régulièrement les filtres. Des filtres sales réduisent la circulation de l'air et l'efficacité du système. Les filtres en fibre de verre sont en général conçus pour être remplacés chaque mois. Les filtres électroniques ou électrostatiques doivent quant à eux être nettoyés tous les 2 ou 3 mois.

S'assurer que tous les panneaux d'accès sont bien fixés, avec toutes les vis en place. Il faut nettoyer les obstructions évidentes comme les feuilles qui se trouveraient aux abords directs de l'appareil.

Une autre façon de réduire la consommation des climatiseurs est de refroidir la station de radio par d'autres moyens tels que :

Préserver l'équipement électronique d'un ensoleillement direct.

Mettre à l'abri du soleil l'intérieur de la station grâce à un auvent.

Peindre les murs extérieurs et le toit de la station en une couleur claire (gris ou blanc). Le noir et le brun absorbent la chaleur plus rapidement.

Fermer les portes et les fenêtres le plus souvent possible lorsque la climatisation est active (de façon à éviter que l'air froid du climatiseur ainsi que l'énergie utilisée pour le produire se perdent dans la nature).

Utiliser un ou plusieurs ventilateurs pour faire circuler de l'air froid dans une pièce (les ventilateurs utilisent environ un dixième de l'énergie consommée par les climatiseurs).

Installer une ventilation pour enlever l'air chaud des équipements à haute consommation énergétique (particulièrement les émetteurs) des zones qui doivent être maintenues fraîches.

Utiliser un éclairage efficace énergétiquement (des ampoules fluorescentes, compactes fluorescentes ou des ampoules LED) pour réduire les émissions de chaleur dues à l'éclairage. Environ 90 % de l'énergie consommée par les ampoules à incandescence est directement perdue par émission de chaleur, et il suffit d'une poignée d'ampoules halogène ou à incandescence de 100 W pour engen-



ILL. 2.4
Ventilateurs « Cyclone » sur le toit de la radio Voice of Life en Ouganda. Ces ventilateurs – combinés à d'autres systèmes tels que l'utilisation la plus réduite possible d'équipements électroniques et l'installation d'équipements pouvant supporter de hautes températures – rendent l'utilisation d'un climatiseur superflu, et réduisent la demande énergétique. Le chapitre 10 présente plus de détails sur la radio Voice of Life et sa situation énergétique.
Photo : CAMECO

drer un réchauffement significatif (voir encadré 2.2 pour un exemple d'économie réalisée grâce à un éclairage efficace).

Ordinateurs et imprimantes

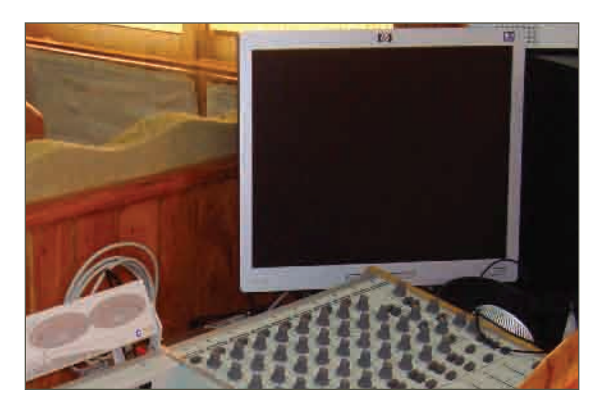
Les ordinateurs consomment moins d'énergie que les émetteurs et les climatiseurs, mais leur grand nombre et leur utilisation constante dans certaines stations font en sorte qu'ils représentent une part non négligeable de la consommation énergétique globale. Voici quelques moyens de réduire leur consommation :

Utiliser des ordinateurs portables plutôt que des ordinateurs de bureau (si tant est que cela soit possible du point de vue de leur puissance et de leur capacité de stockage). Les ordinateurs portables utilisent à peu près le tiers de l'énergie de leurs homologues de bureau. Ils ont en outre l'avantage de la portabilité, et leurs batteries constituent une excellente solution de backup en cas de panne de courant. Il faut cependant noter que, dans certains cas, les portables ne sont pas recommandés pour raison de sécurité.

Utiliser les fonctionnalités d'économie d'énergie, ou certains modes installés sur les ordinateurs, comme les fonctions « sleep », « basse consommation », « hiberner », « suspendre » ou « diminuer la luminosité de l'écran ».

Éteindre **les ordinateurs** lorsqu’ils sont inutilisés durant une longue période. Une règle simple à appliquer est d’éteindre un écran lorsqu’il ne sera pas utilisé pendant 20 minutes ou plus, et d’éteindre l’ordinateur dans son ensemble lorsqu’il sera inutilisé pendant 2 heures ou plus.

Remplacer les écrans CRT (pour **Cathode Ray Tube** en anglais) **par des écrans LCD** (pour **Liquid Crystal Display** en anglais). Les écrans à tubes cathodiques attirent la poussière, sont encombrants ; de plus, en générant de la chaleur, ils contrecarrent les effets de refroidissement des ventilateurs et des climatiseurs. Certaines radios ont réduit leur consommation en air conditionné jusqu’à 30 % en effectuant un remplacement de leurs écrans CRT par des écrans LCD plus économes.





ILL. 2.5
A gauche, un écran à cristaux liquides (LCD).
A droite, un vieil écran à tubes cathodiques (CRT).
Photos : Jonathan Marks

Ne pas se reposer sur les économiseurs d’écran – ils n’économisent pas d’énergie et peuvent même utiliser plus d’énergie que lorsqu’ils sont en fonctionnement normal. Les écrans LCD plus modernes ne requièrent pas d’économiseurs d’écran.

Rechercher de l’équipement informatique homologué Energy Star. Energy Star (www.energystar.gov) est un programme américain qui compare les

équipements ménagers les plus répandus (ordinateurs inclus) sur base de leur efficacité énergétique.

Faire très attention aux ordinateurs qui sont utilisés uniquement par intermittence comme celui utilisé en régie pour des raisons de sécurité. Ces systèmes peuvent consommer inutilement une grande quantité d'énergie s'ils ne sont pas utilisés avec un écran LCD ou des fonctionnalités ou des modes d'économie d'énergie.

Éclairage

Posséder un système d'éclairage économe en énergie et utiliser intelligemment cet éclairage peuvent s'avérer des actions extrêmement payantes en termes d'économie d'énergie – surtout si la station émet la nuit. Différentes formes d'éclairage (bougies, lampes à pétrole, ampoules à incandescence…) utilisent la lumière produite par un matériau chauffé. Il s'agit de formes inefficaces d'éclairage, car la plus grande part de l'énergie est perdue en émission de chaleur : par exemple, les ampoules à incandescence convertissent seulement 10 % environ de l'énergie qu'elles consomment en lumière, le reste étant dissipé en chaleur.

En partie grâce à l'élimination de la dissipation de chaleur, les ampoules compactes fluorescentes (CFL) donnent quatre à sept fois plus de lumière par watt que les lampes à incandescence, et elles durent jusqu'à dix fois plus longtemps. Les LED sont une autre source de lumière efficace énergétiquement, qui deviennent de moins en moins chers. De façon générale, la lumière émise par des LED est moindre que celle de CFL, mais la technologie LED s'améliore très rapidement.

En plus d'investir dans des éclairages plus efficaces, le meilleur moyen d'économiser de l'énergie sur l'éclairage est simplement d'éteindre les lampes lorsqu'elles ne sont plus nécessaires. Une façon d'aboutir à cela est l'utilisation de détecteurs de mouvement qui détectent lorsqu'une pièce est occupée et s'allument ou s'éteignent en fonction. Trouver le bon nombre et le bon type d'éclairage est également important. Par exemple, un petit spot fournit plus de luminosité sur un livre ou un bureau qu'un grand éclairage de pièce, et n'utilise qu'une fraction de son énergie.

FAQ 2.2

Quelles sont les étapes les plus efficaces pour économiser de l’énergie dans une radio ?

Installer un émetteur économe en énergie. Les émetteurs représentent environ 30 à 60 % de la charge d’énergie globale de la radio, et les émetteurs de bonne qualité peuvent s’avérer être jusqu’à 33 % plus économes que des modèles de moindre qualité.

Mesurer l’énergie rayonnée à partir de l’antenne, pour vérifier que toute la puissance de l’émetteur atteint réellement l’antenne. Si nécessaire, installer des câbles d’antenne de meilleure qualité.

Débrancher les appareils ou fermer les interrupteurs lorsqu’ils sont inutilisés pendant de longues périodes, pour minimiser la consommation en « stand-by ». Utiliser des multiprises ou des parasurtenseurs peut simplifier la déconnexion des périphériques.

Remplacer les ampoules à incandescence par des ampoules LED (pour Light Emitting Diode en anglais) ou des ampoules CFL (pour Compact Fluorescent Light en anglais). Ces dernières consomment moins d’énergie, produisent moins de chaleur et sont moins chères sur le long terme.

Utiliser un éclairage directionnel ou ponctuel, plutôt que l’éclairage de plafond ou général.

Remplacer les ordinateurs de bureau par des ordinateurs portables (et les écrans CRT par des écrans LCD) si possible.

Acheter de l’équipement économe en énergie (neuf).

Nettoyer le câblage de la station (un électricien de formation est requis pour cette tâche). Un câblage désordonné, composé de mauvais câbles provoque une dissipation de la puissance électrique. Si un câble devient chaud, c'est qu'il est trop fin et qu'il dissipe de la chaleur, il faut alors utiliser un autre câble plus épais.

Ventiler. Comme solution alternative à l'air conditionné, évaluer la pertinence du placement de ventilateurs « cyclones » sur le toit.

Isoler. Une isolation de bonne qualité dans les murs et le plafond peut maintenir les pièces à température fraîche et en même temps améliorer la qualité sonore.

Remplacer un ou plusieurs climatiseurs par des ventilateurs, et fermer les portes et les fenêtres lorsque l'air conditionné est enclenché.

Désigner un « gestionnaire de l'énergie » pour assumer la responsabilité de l'économie d'énergie dans la station, et/ou s'assurer qu'une personne de chaque rotation soit responsable de l'économie d'énergie pendant sa tranche horaire.

Équipements radiophoniques électroniques

Les tables de mixage, lecteurs CD, lecteurs de cassette, télévisions, photocopieurs et autres périphériques électroniques peuvent ensemble demander une grande quantité d'énergie. Les mesures suivantes peuvent être prises pour réduire leur influence sur la facture énergétique et diminuer leur poids sur les ressources énergétiques requises :

Éteindre les appareils directement sur le tableau électrique lorsqu'ils sont inutilisés pendant une longue période (par exemple pendant la nuit). La plupart des appareils électriques consomment de l'énergie même lorsqu'ils sont en mode

« stand-by ». Ce gaspillage peut être facilement évité en débranchant ces appareils ou en connectant plusieurs d’entre eux à un multiprise ou à un parasurtenseur qui peut lui-même être éteint.

Acheter de l’équipement énergétiquement économe. Cela peut coûter plus cher que de l’équipement énergivore, mais le coût supplémentaire sera compensé au fil du temps par une réduction de la facture énergétique (l’annexe A.5 peut être utilisée pour estimer le temps de retour sur investissement d’équipement économe en énergie).

Effectuer une maintenance et un remplacement de l’équipement au moment opportun. De l’équipement vieux, sale, ou endommagé a tendance à consommer plus d’énergie.

Autres charges énergétiques

Réfrigérateur. Certaines stations disposent d’un réfrigérateur pour le confort du personnel. Il y a deux sortes principales de réfrigérateur, les réfrigérateurs par compression et ceux par absorption. La réfrigération par compression offre un



ILL. 2.6
La Radio École APM au Bénin. Les mesures d’économies d’énergie prises par la radio incluent l’utilisation d’un meilleur câble d’antenne (plus épais), ce qui a permis de remplacer l’émetteur de 1 kW par un autre de 600 W. Voir encadré 2.3 pour plus de détails.
Photo : Jonathan Marks

confort important et un bon contrôle de la température ; ce type de réfrigérateur est idéal pour stocker les substances les plus sensibles à la température telles que les vaccins dans les hôpitaux. Par contre, les frigos par compression sont très chers et consomment beaucoup d'énergie. Les réfrigérateurs par absorption utilisent quant à eux du propane ou du kérosène pour effectuer un cycle d'absorption qui garde le compartiment froid. Leur température interne est relativement instable, mais suffit pour du stockage d'aliments, et l'utilisation de carburants fossiles réduit leur impact sur la fourniture d'électricité. La consommation énergétique des réfrigérateurs modernes est généralement inscrite sur leur étiquette.

Chauffe-eau (p.ex. pour les besoins d'une cuisine dans la radio). Tout comme la cuisine ou le chauffage d'intérieur, l'énergie utilisée pour chauffer de l'eau dépasse d'ordinaire la capacité de production d'énergie des petits systèmes à énergie renouvelable. En règle générale, les besoins d'un système de chauffage d'eau peuvent être comblés par un simple réchaud solaire ou un chauffe-eau à combustible fossile/biomasse.

Appareils de cuisine. Si la radio est équipée d'une cuisine, des appareils forts consommateurs d'énergie tels que des grille-

Encadré 2.3

Étude de cas : Économie d'énergie

La Radio École de l'APM, à Porto Novo au Bénin, a été totalement reconstruite en 2007 pour améliorer la portée de la station et réduire sa dépendance à des groupes électrogènes. Les mesures d'économie énergétique dans la station incluent :

Une antenne de gain plus élevé a remplacé la vieille antenne à dipôle simple. L'antenne est dirigée vers la capitale commerciale de Cotonou, concentrant l'énergie de transmission dans la zone avec l'audience potentielle maximale.

Des câbles d'antenne de meilleure qualité ont permis l'utilisation d'un émetteur de 600 W pour remplacer l'ancien émetteur de 1 kW.

Une unité de traitement sonore a été placée entre la table de mixage audio et l'émetteur de façon à équilibrer la modulation (réduction des pics). Ce composant augmente le volume du signal et améliore le signal sur les zones limites de réception. Le résultat fut une meilleure couverture pour un émetteur de moindre puissance.

L'air conditionné est uniquement utilisé lorsque nécessaire. Autrement, les ventilateurs fournissent un refroidissement adéquat dans les bureaux. Les bureaux des étages supérieurs du bâtiment sont refroidis grâce à des conduits d'air, et de la peinture réfléchissante thermiquement a été utilisée sur les toits. Des panneaux en bois placés dans le studio gardent la pièce fraîche et en améliorent l'acoustique.

Des écrans et ordinateurs efficaces énergétiquement ont été achetés, les ordinateurs portables n'étant pas adaptés pour des raisons de sécurité.

Information fournie par Jonathan Marks

pain électriques ou des bouilloires électriques devraient être évités. Par exemple, une bouilloire consomme quasiment autant qu'un émetteur de 1 kW. Les bouilloires n'étant opérationnelles que par à-coups, la consommation totale d'énergie d'une bouilloire reste moindre que celle d'un émetteur. Cependant une courte, mais importante consommation d'énergie peut élever le pic de charge (la consommation maximale) de la station, en provoquant une demande forte et subite sur les batteries et les autres éléments du système énergétique.

Atelier. En fonction de l'éloignement de la station et du besoin d'effectuer des réparations, il peut être utile d'utiliser des outils électriques simples, comme une foreuse, une ponceuse, ou une scie sauteuse. Il est alors recommandé de passer au crible les paramètres de ces appareils – ils consomment généralement beaucoup d'énergie, quoique pendant un court laps de temps.

ILL. 2.7
Économies potentielles d'énergie et de coût pour une radio de taille moyenne équipée d'un émetteur de 1kW.

CONSOMMATEURS PRINCIPAUX	Avant économies				Après économies				Détails des économies		
	Nb	Puissance W	Temps h/jour	Energie kWh/jour	Nb	Puissance W	Temps h/jour	Energie kWh/jour	% économisé	$/an, réseau public*	$/year, solaire ou groupe électrogène**
Conditionneurs d'air	5	800	8	**32**	4	750	8	**24**	25%	$146	$1.424
Ventilateurs	0	0	0	**0**	2	60	10	**1,2**	N/A	-$22	-$214
Emetteur	1	3.000	15	**45**	1	2.000	15	**30**	33%	$274	$2.670
Ordinateurs	4	300	10	**12**	4	65	10	**2,6**	78%	$172	$1.673
Table de mixage	2	30	15	**0,9**	2	30	15	**0,9**	0%	$0	$0
Lecteurs cassettes et CD	5	20	8	**0,8**	5	20	8	**0,8**	0%	$0	$0
Eclairages	6	60	10	**3,6**	6	10	7,5	**0,5**	88%	$57	$561
TOTAL				**94** kWh/jour				**60** kWh/jour	**36%**	**$627**	**$6.114**

* On admet que le réseau électrique public coûte 0,05 $/kWh
** On admet qu'un groupe électrogène ou un système à énergie solaire coûte 0,5 $/kWh
Données : B.BEAM, Begeca, Banque mondiale, analyse de l'auteur

Potentiel d'économie énergétique : un exemple

L'illustration 2.7 résume les économies potentielles d'une radio type de taille moyenne (comportant un émetteur de 1 kW, 4 ordinateurs et 5 climatiseurs). Le tableau prend en compte les économies d'énergie suivantes :

Climatiseurs : les climatiseurs sont rendus plus efficaces grâce à une bonne maintenance ; de l'isolation, du refroidissement naturel et 2 ventilateurs sur pied font en sorte qu'un climatiseur devient superflu.

Ventilateurs : 2 ventilateurs utilisent 1 kWh par jour, en remplaçant un climatiseur utilisant 6.4 kWh par jour.

Émetteur : un émetteur plus économe en énergie est utilisé.

Ordinateurs : Les ordinateurs de bureau sont remplacés par des portables.

Éclairage : Les ampoules à incandescence sont remplacées par des ampoules énergétiquement économes, et l'utilisation de l'éclairage est réduite de 25 % grâce à une utilisation intelligente de celui-ci.

Comme le montre l'illustration 2.7, ces économies peuvent réduire l'utilisation énergétique de cette station type de plus d'un tiers, économisant 6 000 $ par an si la radio est alimentée par des panneaux solaires ou un groupe électrogène.

Note : ceci n'est qu'un exemple. L'utilisation énergétique d'une station et son potentiel d'économie varie énormément en fonction de sa taille, de ses conditions de fonctionnement et des coûts d'alimentation.



Types de systèmes énergétiques

Quand une station de radio a réduit sa consommation énergétique, d'autres économies sur le coût de l'énergie – et des accroissements de la fourniture d'énergie – peuvent être envisagés en adoptant la technologie énergétique appropriée.

Une technologie énergétique peut **fournir** des ressources énergétiques pour les radios qui ne peuvent compter sur un réseau public d'électricité fiable, voire qui opèrent dans des régions sans réseau public d'électricité. Elle peut également être utilisée pour **réguler** la fourniture existante – qu'il s'agisse du réseau public ou de sources alternatives – de façon à tirer le meilleur parti de cette ressource et à protéger l'équipement électronique. Les technologies de **stockage** comme les batteries peuvent rendre la fourniture énergétique plus fiable en stockant les excédents pour une utilisation ultérieure.

Les chapitres suivants rentrent plus en détails dans ces technologies visant à générer, stocker et réguler l'énergie (les **chapitres 4, 5 et 6** traitent des technologies productrices d'énergie, et le **chapitre 7** aborde les technologies de stockage et de régulation).

Ce chapitre présente brièvement les types de systèmes énergétiques qui peuvent être appropriés pour une radio. La plupart de ces systèmes énergétiques incluent diverses technologies, par exemple un système d'énergie solaire contient des panneaux solaires pour générer de l'énergie, mais aussi des batteries pour le stockage et un contrôleur de charge et un convertisseur pour réguler le flux d'électricité. Lorsqu'on étudie la pertinence d'une technologie énergétique, il est important de prendre en compte l'ensemble du système énergétique.

Ce chapitre décrit les avantages et les inconvénients de sept types assez généralisés de systèmes énergétiques (voir ILL. 3.1). Ces systèmes vont de la simple régulation du réseau électrique public (Système 1) jusqu'au système hybride dans lequel de l'énergie supplémentaire est générée par l'utilisation d'un groupe électrogène et d'une technologie à énergie renouvelable ou TER (Système 7).

FAQ 3.1

Comment ma station peut-elle obtenir de l'aide dans l'analyse et l'évaluation de systèmes énergétiques ?

Voici quelles manières dont les radios peuvent obtenir une analyse en profondeur de systèmes énergétiques :

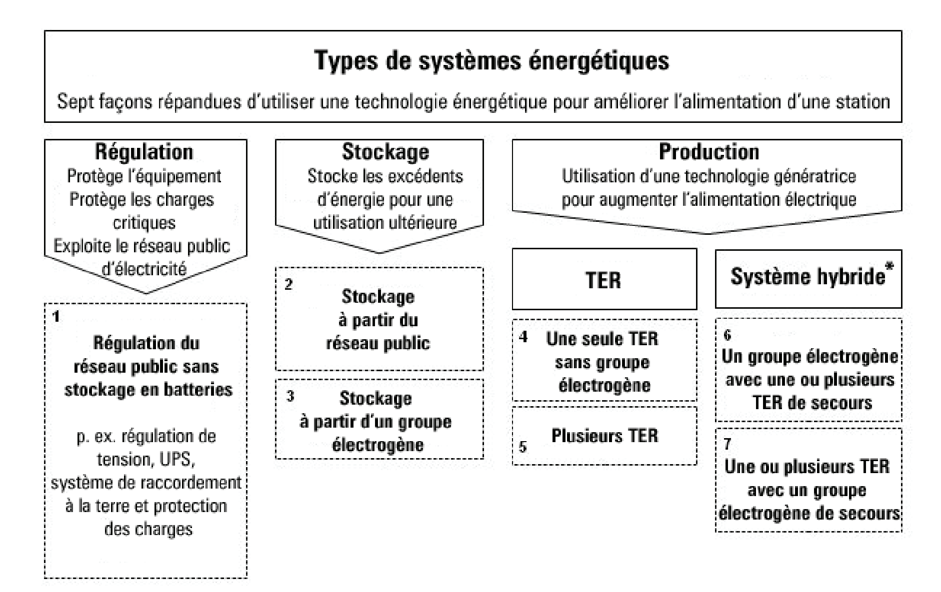
Grâce aux revendeurs et aux consultants spécialisés dans ce secteur. De bons consultants possèdent une expérience pratique concernant les diverses technologies ; ils peuvent trouver la meilleure solution pour les besoins spécifiques d'une radio. Des experts devraient toujours être consultés pour des conseils à propos de l'évaluation, du design du système, de son acquisition, de l'installation et de la maintenance des technologies énergétiques. Le chapitre 9 donne plus d'informations sur la façon de traiter avec des fournisseurs de technologies énergétiques.

Grâce à des programmes informatiques d'analyse énergétique. L'annexe D.2 dresse une liste des programmes en téléchargement gratuit qui peuvent effectuer des comparaisons complexes entre différentes options énergétiques. Cependant ces programmes dépendent grandement de la qualité des données utilisées, donc la radio devra avoir une bonne idée de ses besoins énergétiques ainsi que des solutions potentielles avant l'utilisation du programme. Ces outils d'analyse sont un complément, et non une substitution à l'avis d'un expert.

Par l'utilisation de feuilles de calcul simple. L'annexe A de ce guide contient des feuilles de calcul, simples d'utilisation, qui peuvent être employées pour comparer les coûts de différentes options énergétiques et évaluer les besoins énergétiques d'une radio. Ces feuilles de calcul sont conçues pour donner des « premières approximations » et ne constituent pas un substitut au conseil averti d'un expert.

Cette liste n'est pas exhaustive. Mais les 7 systèmes présentés ici ont été choisis parce qu'ils sont les plus représentatifs des solutions adaptées par les stations de radio africaines. Par exemple, ce chapitre présente un système pour le stockage à partir d'un groupe électrogène, et non pour stocker celle d'une TER. Un grand nombre de stations possèdent des groupes électrogènes sans stocker l'énergie qu'ils produisent ; or ce stockage peut faire une grande différence dans l'efficacité d'un groupe électrogène, et donc sur l'utilisation du carburant ; tandis que n'importe quelle station disposant d'une solution TER utilisera nécessairement des batteries ; c'est pourquoi il est donc moins utile ici de mettre l'accent sur le système de stockage d'énergie dans le cas de TER.

Les systèmes 3 à 7 de l'illustration 3.1 peuvent être utilisés avec ou sans le réseau public d'électricité. La plupart des stations ont peu de contrôle sur leur fournisseur public. Si une station n'a actuellement pas accès au réseau électrique public, il est peu probable que cette situation change à court terme. Au contraire, si une station possède un accès au réseau public, cette source d'énergie sera à coup sûr la moins chère sur le long terme et devrait être exploitée au maximum : cela étant, la technologie énergétique devrait être uniquement utilisée pour compenser les éventuels problèmes du réseau public, grâce à du stockage énergétique, de la régulation, ou de la génération d'énergie supplémentaire ; la nouvelle technologie



ILL. 3.1
Sept types de systèmes énergétiques
Schéma : auteur

*Dans ce diagramme, tout comme dans le reste du guide, par technologie « hybride » nous entendons une technologie qui utilise à la fois une TER (ou plusieurs) et un groupe électrogène.

énergétique ne devrait pas remplacer le réseau électrique public ni en être une redondance.

SYSTÈME 1. Régulation du réseau public sans stockage dans une batterie. Le réseau d'électricité public est régulé dans la station radio de façon à protéger les périphériques électroniques contre les fluctuations ou pannes d'électricité. Cela apporte à la station une meilleure utilisation de l'alimentation disponible, sans avoir besoin d'ajouter une onéreuse technologie génératrice d'énergie (le **chapitre 7** offre plus d'informations sur la régulation et la protection électrique).

Cette option est la plus adéquate lorsque :

Le réseau électrique public est bon marché et est largement disponible, autrement dit quand l'énergie fournie par le réseau public est disponible la plupart du temps quand la station en a besoin (même si cette alimentation n'est pas stable). Une simple régulation du réseau public ne produira pas d'électricité pour la radio si le réseau est constamment perturbé.

SYSTÈME 2. Stockage à partir du réseau électrique public. Des batteries sont utilisées pour stocker de l'énergie à partir de l'alimentation publique. La radio gagne une confortable alimentation supplémentaire grâce à ces batteries et peut y recourir en cas de besoin. De petites coupures du réseau électrique public peuvent facilement être compensées en basculant vers l'utilisation de ces batteries. Pour des radios possédant de l'équipement AC, l'inconvénient est que l'électricité du réseau doit être convertie de continu à alternatif pour ce stockage, et d'alternatif vers continu pour l'utilisation dans la station ; cela résulte en d'importantes pertes énergétiques en comparaison de l'utilisation d'un régulateur sur le réseau public.

Cette option est la plus adéquate lorsque :

Le réseau électrique est largement disponible, mais pas au moment adéquat, ou lorsque de petites coupures fréquentes de courant interviennent. Pour remplir ces conditions, l'énergie moyenne fournie par le réseau public doit être suffisante pour correspondre aux besoins journaliers de la station. En effet, les batteries ne génèrent pas d'énergie, mais la stockent pour une utilisation ultérieure.

La station utilise (ou prévoit d'utiliser) des batteries pour stocker l'énergie produite par d'autres sources. La plupart des technologies alternatives (en particulier le solaire et l'éolien) requièrent des batteries. Si la radio dispose de batteries à cet effet, il peut être judicieux d'en étendre la capacité afin de stocker de l'énergie fournie par le réseau public d'électricité. Cette manière de faire peut être une solution plus intéressante pour réguler l'alimentation électrique publique que l'option du Système 1.

SYSTÈME 3. Stockage à partir d'un groupe électrogène. Dans cette situation, la radio possède déjà un groupe électrogène (p. ex. un générateur au diesel), et l'on y ajoute des batteries pour stocker de l'énergie produite par ce groupe électrogène. En outre, la radio peut avoir ou non accès au réseau public d'électricité. Ce système a pour principal effet d'augmenter l'efficacité du groupe électrogène, car il pourra dès lors être utilisé à puissance maximale pour charger les batteries, avant d'être éteint. Le groupe électrogène ne gaspillera alors plus d'énergie en fonctionnant inefficacement sur de petites charges. En outre, l'alimentation à partir de la batterie peut être utilisée lorsque le groupe électrogène est hors service en raison de pannes ou de manque de carburant.

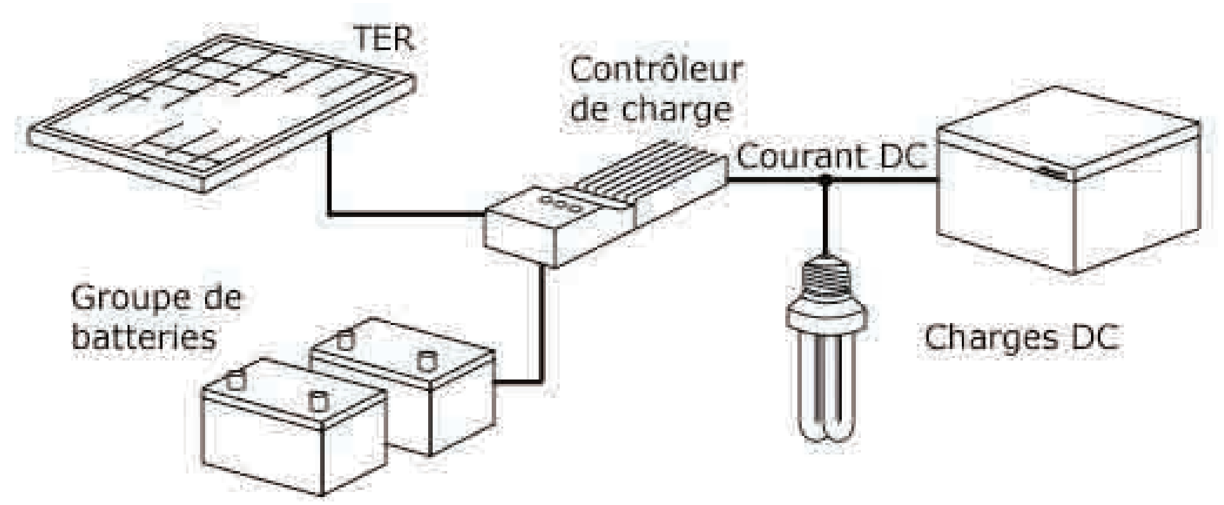
Le convertisseur de la batterie peut être connecté à l'équipement électronique sans avoir besoin d'un UPS ou d'un autre équipement de protection (requis par contre si le groupe électrogène est en raccordement direct avec des appareils électroniques). Les inconvénients sont que de l'énergie est perdue dans le convertisseur de la batterie, et que les batteries d'une capacité suffisamment importante pour répondre aux besoins énergétiques d'une radio peuvent coûter très cher. En outre, si les batteries sont chargées en utilisant un groupe électrogène, elles doivent être capables d'être chargées à haute puissance (ce n'est pas le cas pour les batteries créées pour des systèmes solaires ou éoliens, puisque celles-ci sont conçues pour une basse puissance). Enfin, les batteries (contrairement aux groupes électrogènes ou au réseau électrique public) peuvent rencontrer des problèmes lors du démarrage de dispositifs producteurs de chaleur à haute puis-sance, comme un four à micro-ondes, une pompe à eau ou encore un fer à repasser.

Cette option est la plus adéquate lorsque :

Le groupe électrogène d'une station est surdimensionné pour les besoins énergétiques de la radio, et est le plus souvent utilisé de façon inefficace à basse puissance.

Les coûts de carburant sont bas et/ou les ressources naturelles aux abords de la station sont faibles (par exemple, manque de soleil ou de vent), rendant un groupe électrogène plus économique en comparaison de TER.

SYSTÈME 4. Production par une TER, sans groupe électrogène. Une TER est utilisée sans un groupe électrogène (voir ILL. 3.2 ci-contre). Les charges sont alimentées directement par une TER (comme dans l'étude de cas dans l'encadré 3.1) ou bien (pour l'énergie solaire ou éolienne) via des batteries. Dans ce dernier cas, les batteries peuvent présenter les désavantages mentionnés pour le Système 3.



ILL. 3.2
Un système simple uniquement basé sur une TER, tout comme le Système 4 décrit ci-contre. Une TER, comme des panneaux solaires, fournit du courant à un contrôleur de charge, qui régule le flux de courant vers le groupe de batteries. Le contrôleur de charge contrôle également le flux de courant vers les charges électriques. Dans cet exemple, les charges fonctionnent en courant continu, donc aucun convertisseur n'est requis (le chapitre 7 propose plus d'informations sur les batteries, les convertisseurs et les contrôleurs de charge).
Schéma : auteur

Encadré 3.1

Étude de cas (Système 4, sans groupe électrogène et sans réseau électrique public)

La **Radio Pikon Ane** est une station située dans une région isolée en Indonésie ; elle a récemment installé un **système hydraulique** de 9 kW. Il s'agit d'un système autonome, sans groupe électrogène ou réseau public sur lesquels se reposer lors des périodes de faible courant dans la rivière. La radio n'utilise pas non plus de batteries. Même si l'alimentation diminue de temps à autre en raison d'une décrue, la station n'en est pas sérieusement pénalisée, car le système à 9 kW dépasse de loin ses besoins énergétiques : cette radio utilise un émetteur de 1 kW et l'équipement habituel d'une radio. La plus grande partie de la puissance hydraulique est utilisée par des habitations voisines, une église et une école. Le **chapitre 10** offre plus de détails sur le système hydraulique de la Radio Pikon Ane.

Informations fournies par le « Media Development Loan Fund » (MDLF), l'Association indonésienne pour le Développement des Médias, et l'agence d'information KBR68H.

La TER peut produire suffisamment d'énergie sans utiliser le réseau électrique public (comme dans l'étude de cas présentée dans l'encadré 3.1) ou en l'utilisant (comme dans l'étude de cas de l'encadré 3.2).

Cette option est la plus adéquate lorsque :

Soit les charges sont faibles, soit les ressources naturelles sont importantes, ou les deux. Plus grandes seront les charges et plus faibles seront les ressources naturelles, plus cela coûtera de répondre aux besoins énergétiques de la station sans utiliser de groupe électrogène.

Le carburant est cher et/ou difficile à obtenir.

Des perturbations occasionnelles dans la fourniture électrique sont prévisibles. Les ressources naturelles sont par essence imprévisibles, et sans un groupe électrogène de secours, la radio pourra occasionnellement se retrouver à court d'énergie. Pour cette raison, une TER sera le plus souvent utilisée avec un groupe électrogène (comme dans les Systèmes 6 et 7), ou une TER complémentaire (comme pour le Système 5). Une seule TER avec une alimentation fonctionnelle peut également constituer un système fiable, si la TER est correctement dimensionnée (voir l'encadré 3.2 pour une étude de cas de ce type de systèmes).

SYSTÈME 5. Production d'énergie par des TER multiples. Dans ce système, deux TER ou davantage sont utilisées pour alimenter un groupe de batteries (voir ILL. 3.3). Cette option est préférable lorsque deux TER sont complémentaires. Par exemple, si la période de l'année la plus venteuse est la période la moins ensoleillée (et vice versa), une combinaison d'énergie éolienne et solaire est souvent une bonne option. Cette possibilité peut être utilisée avec ou sans un réseau public ou un groupe électrogène.

SYSTÈME 6. Production d'énergie par un groupe électrogène, avec une TER comme backup. Ce système est appelé système hybride (voir ILL. 3.4). L'énergie est fournie par un groupe électrogène et une ou plusieurs sources d'énergie renouvelable ; la radio pourra ou non posséder un raccordement au réseau électrique public. Il s'agit d'une option fréquente, car elle utilise les ressources naturelles, mais est également fiable et peut-être moins onéreuse en comparaison de systèmes basés exclusivement sur les TER ou sur un groupe électrogène. Lorsque l'énergie renouvelable est utilisée comme backup, la TER fournit uniquement

Encadré 3.2

Étude de cas (Système 4, sans groupe électrogène, mais avec réseau électrique public)

La **Fadeco Community Radio** est située dans un village éloigné au Nord-Ouest de la Tanzanie. La plupart du temps, elle utilise le **réseau électrique public** pour alimenter son émetteur de 30 W et le reste de l'équipement du studio. Cependant, le réseau public coûte cher et est peu fiable, avec une interruption totale de 12 à 14 heures chaque semaine. Pour améliorer son alimentation énergétique, la station a installé deux **panneaux solaires** de 65 W et des **batteries** totalisant 640 Ah. Le système bascule automatiquement depuis le réseau électrique public vers les batteries lorsque le réseau public connaît des perturbations, et inversement lorsqu'il est rétabli. La station est encore de temps en temps sujette aux pannes d'alimentation, car les batteries et panneaux solaires ne sont pas assez puissants pour compenser tous les problèmes du réseau public. Cependant, la station a plus d'heures d'émission qu'auparavant. Les coupures des batteries sont en outre prévisibles, et la station peut informer ses auditeurs d'éventuels problèmes bien avant qu'elle soit dans l'incapacité d'émettre. Le **chapitre 10** propose plus de détails sur le système à énergie solaire de la Fadeco Community Radio.

Information fournie par la Fadeco Community Radio

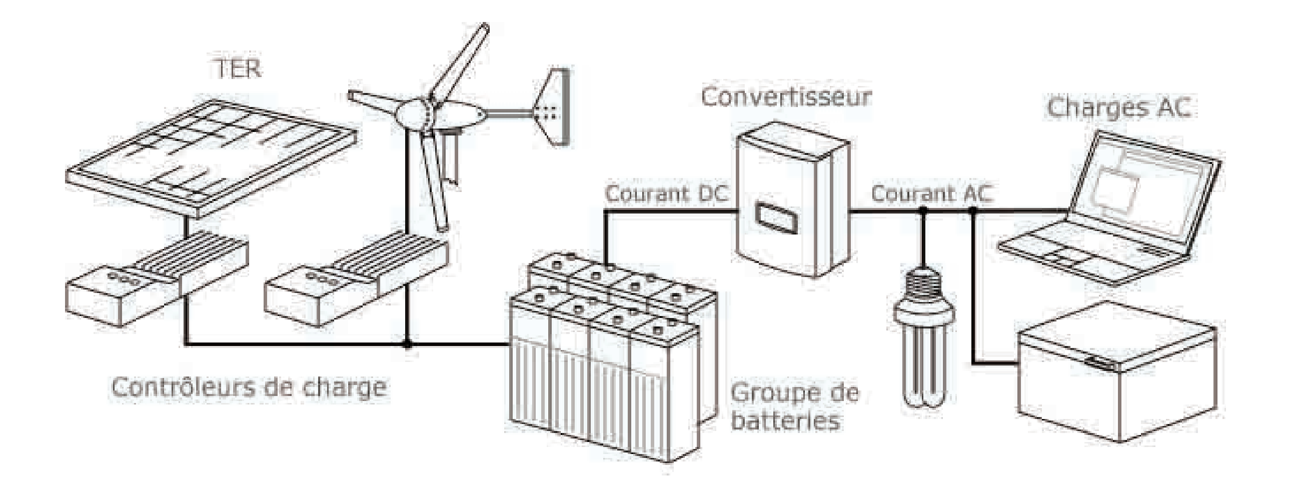
la station lorsque la charge est faible (par exemple, les batteries alimentées par des panneaux solaires pourront être utilisées pour alimenter l'éclairage pendant la nuit). Dans ce cas, le groupe électrogène ne charge pas les batteries, et les batteries doivent uniquement être d'une capacité suffisante pour supporter les charges faibles. On économise de l'argent en utilisant un petit groupe de batteries et en n'utilisant pas le groupe électrogène à basse puissance pour les charges faibles (ce qui provoquerait une utilisation inefficace du groupe électrogène).

Cette option est la plus adéquate lorsque :

Le coût du carburant est faible et/ou les ressources naturelles sont faibles, de sorte que l'utilisation du générateur est une solution rentable.

Il y a de longues périodes durant lesquelles la charge totale de la station est faible en comparaison de sa charge normale.

SYSTÈME 7. Production d'énergie par une TER, avec un groupe électrogène en backup. Il s'agit également d'un système hybride, dans lequel les TER sont dimensionnées pour couvrir les besoins moyens quotidiens de la station, et un groupe électrogène est utilisé occasionnellement lorsque les charges sont exceptionnellement élevées, ou quand la ressource naturelle est inhabituellement basse (voir ILL. 3.4). La station peut avoir ou non un réseau public fonctionnel. L'argent



ILL 3.3
Un système avec deux TER et pas de groupe électrogène, comme dans le système 5. Les TER fournissent du courant continu à un groupe de batteries, qui transmet le courant à un convertisseur dont la présence est imposée par les charges. Dans cet exemple, le convertisseur transforme le courant de DC vers AC pour être utilisé dans les charges AC. Schéma : auteur

est économisé en minimisant les coûts en carburant, et en installant des TER plus petites que celles requises lors des pics de charge.

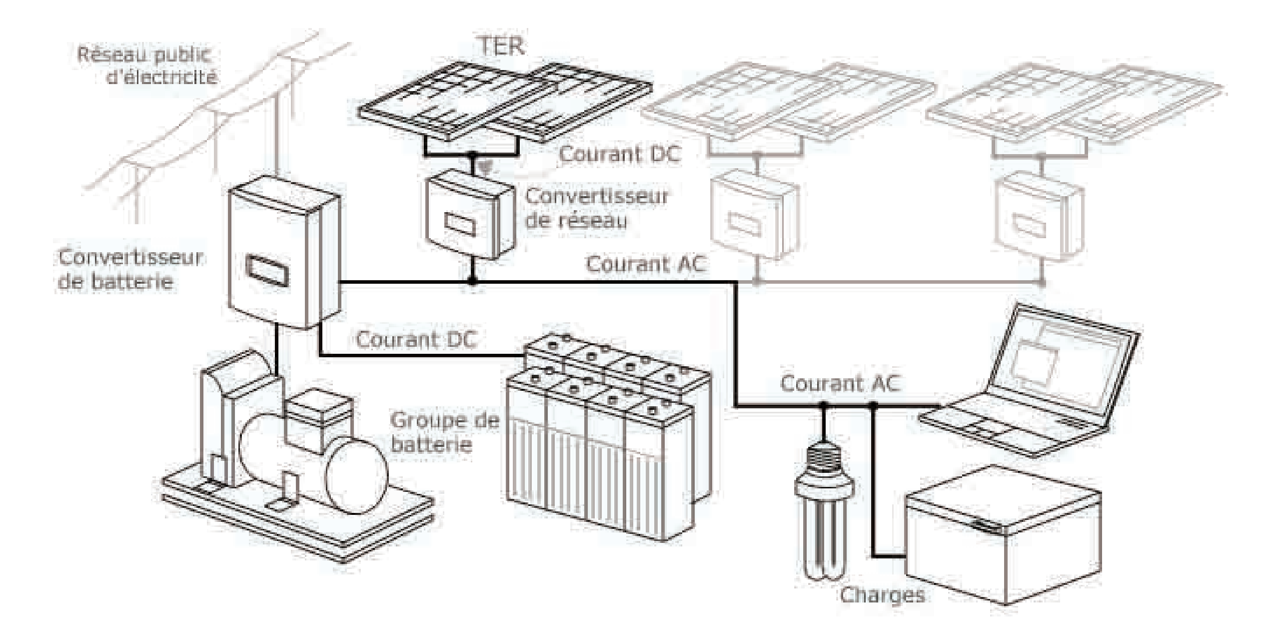
Cette option est la plus adéquate lorsque :

Les coûts en carburant sont élevés et/ou les ressources naturelles sont très importantes.

Il existe des périodes occasionnelles durant lesquelles la charge globale de la station est plus importante que la charge ordinaire.

Note : le Système 7 est une option très généralisée ; elle est souvent la meilleure pour les systèmes qui demandent une production d'énergie supplémentaire.

ILL. 3.4
Une configuration possible d'un système hybride (systèmes 6 ou 7). Les éléments optionnels sont indiqués en gris. Les convertisseurs de tension convertissent le courant continu d'une ou plusieurs TER en courant alternatif qui peut alimenter directement les charges, sans passer par le groupe de batteries. Un convertisseur de batterie fournit du courant alternatif aux charges, en puisant dans l'énergie des batteries, d'un groupe électrogène et optionnellement d'un réseau d'électricité public. (Le **chapitre 7** propose plus d'informations sur les batteries, les convertisseurs et les contrôleurs de charge.)
Schéma : auteur



Encadré 3.3

Étude de cas (Système 7, avec réseau électrique public)

Radio Pacis est une station située près d'Arua en Ouganda. Elle comprend deux émetteurs de 2 kW avec une consommation totale de 10 kW, ainsi que 8 climatiseurs et un total de 56 ordinateurs dans les bureaux et dans un cybercafé. La station émet 24 h / 24, mais **l'électricité publique** n'est disponible que huit heures par jour en moyenne. En 2009, la station a installé vingt-cinq **panneaux solaires** de 5 kW, deux **groupes électrogènes** au diesel et des **batteries** de 5 kAh. Il s'agit d'un système hybride dans lequel les groupes électrogènes sont utilisés lorsque les panneaux solaires sont non fonctionnels (pendant la nuit par exemple). Le réseau électrique public est utilisé uniquement lorsque les batteries sont déchargées jusqu'à leur niveau maximal permissible (la station peut fonctionner sur les batteries durant trois heures). Grâce à ce système, la station économise environ 10 000 € par an sur sa facture d'électricité. Le **chapitre 10** décrit plus en détail le système d'énergie solaire de Radio Pacis.

Information fournie par Radio Pacis

L'évaluation des technologies génératrices d'énergie



Ce chapitre est consacré aux systèmes énergétiques impliquant une ou plusieurs technologies productrices d'énergie, comme un groupe électrogène, des panneaux solaires, une éolienne ou une turbine hydraulique. Le but de ce chapitre est de décrire les facteurs principaux à prendre en compte lorsqu'on évalue le coût et les performances de ces systèmes. Cela peut être utile pour déterminer si de tels systèmes peuvent répondre aux besoins énergétiques d'une radio à un coût supportable et pour établir des comparaisons entre les divers systèmes. À la fin du chapitre, on trouvera un exemple d'analyse des coûts et performances d'un système à énergie solaire et d'un système à énergie éolienne, ainsi qu'un tableau récapitulatif des principales technologies génératrices d'énergie et des facteurs déterminants leur coût et leur performance.

Quelle quantité d'énergie sera produite par la technologie ?

À chaque technologie productrice d'énergie est habituellement attribué un « taux » officiel fixant la quantité d'énergie qu'elle peut fournir ou stocker. Les paramètres suivants devraient être pris en compte lors de l'interprétation de ce « taux ».

A. Les ressources naturelles. Les technologies renouvelables comme les panneaux solaires, les éoliennes et les systèmes hydrauliques reposent énormément sur la disponibilité des ressources naturelles dans la zone d'implantation. Une estimation des ressources – une étude de l'importance, des variations et de la disponibilité des ressources naturelles sur le site – est essentielle. L'évaluation de ces ressources aide à **dimensionner** une technologie : un site extrêmement ensoleillé, par exemple, demandera moins de panneaux solaires pour générer la même énergie qu'un site moins ensoleillé. Elle aide également à **choisir** la

D'un coup d'œil

Paramètres à prendre en compte lors de l'évaluation de technologies génératrices d'énergie

La production d'énergie dépend principalement des points suivants :

A. Les ressources naturelles. Le bon fonctionnement d'une TER dépend fortement de l'importance et de la disponibilité des ressources naturelles.

B. Le temps de production quotidien. Pour une technologie d'une puissance donnée, le plus longtemps elle sera opérationnelle par jour, le plus d'énergie elle fournira.

C. Les facteurs de perte. La puissance estimée d'une technologie doit être réévaluée de façon à prendre en compte les pertes électriques et mécaniques ainsi que les différences entre les conditions d'utilisation réelle et celles estimées par le fabricant sur les bancs de test.

Le coût de la technologie dépend principalement des points suivants :

A. La durée de vie. Plus une technologie est durable, moins souvent elle nécessite d'être remplacée.

B. Les coûts d'exploitation. Ils comprennent les coûts de maintenance, de remplacement des pièces (principalement les batteries) et de carburant.

C. Les coûts de mise en service. Ils englobent les coûts de l'équipement générateur, les équipements de stockage et de contrôle, les frais liés à l'évaluation des ressources, les coûts de formation du personnel, etc.

D'autres facteurs qui influencent les coûts et les performances :

A. Le contexte politique et industriel local. Des subventions industrielles ou gouvernementales peuvent rendre des équipements de haut de gamme plus accessibles.

B. La fiabilité de la technologie. La technologie sera d'autant plus fonctionnelle si elle répond aux standards internationaux et si elle est conçue et installée par des experts ou des sociétés compétentes.

technologie : pour un site très exposé au vent, par exemple, une éolienne sera sans doute un meilleur choix financier que des panneaux solaires : au contraire, pour un site peu venteux, les panneaux solaires seraient probablement préférables.

L'évaluation des ressources devrait prendre en compte :

Les caractéristiques physiques et géographiques du site. Ainsi une éolienne pourrait être inutile dans une région très venteuse, mais entourée d'obstacles.

ILL. 4.1.
Travailleurs sur le système hydraulique de la Radio Pikon Ane en Indonésie. Comme pour les autres énergies renouvelables, une évaluation approfondie des ressources est indispensable avant de s'engager dans un projet d'une telle ampleur.
Photo : Indonesia Media Development Loan Fund



Les changements potentiels à long terme de la ressource. Les cours d'eau peuvent s'assécher et ainsi rendre un système hydraulique inutilisable ; les arbres peuvent grandir et cacher les panneaux solaires.

Les variations journalières et saisonnières de la ressource. La production d'énergie des éoliennes et des panneaux solaires varie énormément au fil d'une journée ou d'une année.

Dans certains cas, un consultant professionnel en énergie peut rapidement et facilement évaluer le niveau d'une ressource naturelle. Pour l'énergie solaire, des personnes non expertes peuvent se faire une idée rapide de la disponibilité de la ressource solaire dans leur région en consultant des cartes solaires sur internet. Mais dans d'autres cas, par exemple pour les énergies éolienne et hydraulique, une évaluation plus approfondie peut être nécessaire. Plus la demande énergétique est importante, plus il est important d'effectuer une évaluation précise des ressources.

B. Temps de production journalier de la technologie. Une technologie génératrice d'énergie est habituellement décrite par sa **puissance** – c'est-à-dire le taux auquel elle produit de l'énergie. Or le principal indicateur des besoins énergétiques d'une radio est sa consommation énergétique journalière. Une technologie qui développe peu de puissance tout au long d'une journée (comme une installation hydraulique) peut fournir plus d'énergie par jour qu'une technologie qui produit énormément d'énergie pendant quelques heures de la journée (comme les panneaux solaires).

C. Facteurs de perte. L'estimation d'une technologie par le fabricant est généralement surestimée par rapport à l'énergie réellement produite par cette technologie. Des variations de la ressource naturelle, des pertes électriques, des pannes, l'usure globale peuvent réduire la production de l'équipement à court et à long terme. La performance estimée d'une technologie doit donc être revue à la baisse ou rectifiée lorsque l'on évalue la production énergétique d'une technologie (cette procédure est aussi connue sous le nom de sous-estimation). L'illustration 4.2 présente une liste des facteurs de perte les plus classiques pour

Composants du système	Valeur à rectifier	Facteur de perte (% de l'énergie perdue)	Raison de la perte	Remarques
Panneaux solaires	Estimation de puissance du fabricant déterminée en conditions de test (STC)	20-30	Températures élevées Poussière, terre et ombrages Câblage Alignement imprécis par rapport au soleil	La perte énergétique due à une mauvaise orientation face au soleil dépend de l'installation ou non du panneau solaire sur un système mobile de suivi du soleil.
Eolienne (pales et générateur électrique)	Estimation du fabricant de la production énergétique à long-terme.	10-30	Imprécision des chiffres du fabricant. Turbulences et versatilité du produit	La puissance maximale estimée d'une turbine est hautement trompeuse et exigerait une rectification plus importante, comme dans le cas de la courbe de puissance. Les pertes dans le correcteur de la turbine (pouvant aller jusqu'à 12 %) peuvent ou pas être inclues dans l'estimation du fabricant..
Turbine hydraulique et conduits	Puissance potentielle calculée grâce à la formule: Puissance = flux x altitude x g	50	Pertes par frottement dans les canalisations Pertes mécaniques dans la turbine	
Batteries	Estimation de la capacité de la batterie par le fabricant	5-10 (sèche) 15-20 (liquide)	L'énergie est perdue (principalement sous forme de chaleur) en raison des réactions chimiques dans la batterie.	Ce facteur de perte prend uniquement en compte les **pertes énergétiques** dans la batterie. Il y a d'autres motifs pour rectifier la capacité d'une batterie : les batteries peuvent uniquement être déchargées de 20 % à 80 % (selon le type de batterie), et un stockage de secours est nécessaire.
Câblage	N/A (le facteur de perte s'applique à l'énergie avant son arrivée dans les câbles)	5 +	Energie dissipée par émission de chaleur dans le câblage	L'énergie perdue dans les câbles de transmission peut être considérablement plus importante pour des systèmes hydrauliques ou éoliens, pour lesquels la source d'énergie est souvent éloignée du point auquel l'énergie est utilisée.
Convertisseur	N/A (le facteur de perte s'applique à l'énergie avant son arrivée dans les câbles)	10-20	Energie dissipée par émission de chaleur dans le convertisseur	Les 10-20 % représentent la perte énergétique moyenne dans un convertisseur typique. En plus de cela, lors du dimensionnement d'un convertisseur, un facteur de sécurité de 20-25 % est généralement recommandé.

ILL. 4.2
Quelques facteurs de perte de puissance des technologies décrites dans ce guide. Ces chiffres constituent uniquement un mémento, et ils présupposent que la technologie est convenablement dimensionnée, utilisée et entretenue. Les pertes causées par la détérioration de l'équipement au cours du temps ne sont pas prises en compte. Pour de plus amples informations sur les concepts, technologies et facteurs de perte présentés dans ce tableau, consulter les sections appropriées de ce guide.
Données : divers contributeurs

les technologies énergétiques présentées dans ce guide. Dans un système réel, de petites pertes dans un certain nombre de composants peuvent résulter en une importante perte globale. Par exemple, un système à énergie solaire typique comportera des pertes énergétiques dans les panneaux (de 20 % à 30 %), dans les batteries (de 5 % à 20 %), le câblage (5 %), et le convertisseur (de 10 % à 20 %). La perte énergétique totale d'un tel système peut facilement atteindre 45 %. Si ces pertes ne sont pas prises en compte lors de la planification du système à énergie solaire, la radio rencontrera un sérieux déficit énergétique lorsque le système sera installé.

Combien coûtera la technologie ?

Lorsque l'on compare les coûts de différentes technologies, il est essentiel de prendre en compte tous les coûts associés à chaque technologie, incluant les coûts de fonctionnement et les coûts de mise en service. Une analyse qui prend en compte tous les coûts d'une technologie durant son existence est appelée une analyse du **coût du cycle de vie** (**CCV**). Une analyse CCV est spécialement importante lorsqu'on compare les coûts de groupes électrogènes avec les coûts des TER. En effet, les TER ont typiquement des coûts initiaux plus importants et des coûts de fonctionnement moindres, alors que les groupes électrogènes ont des coûts initiaux plus bas, mais des coûts de fonctionnement plus élevés. Si l'on ne prend en compte que les coûts initiaux, les groupes électrogènes apparaîtront bien souvent un meilleur choix du point de vue économique, ce qui peut s'avérer inexact sur le long terme. La FAQ 4.1 propose un exemple simplifié d'une analyse CCV qui compare un système à énergie solaire avec un groupe électrogène. Les illustrations 4.4 et 4.5 offrent quant à elles des analyses CCV plus réalistes. Dans l'**annexe A.4**, on trouvera une feuille de calcul pour la réalisation d'une comparaison CCV entre trois systèmes énergétiques.

Lorsque l'on se penche sur le coût d'une technologie productrice d'énergie, le premier élément qui vient en général à l'esprit est le **coût initial**. Dans une analyse CCV, la **durabilité** et les **coûts de fonctionnement** sont aussi importants – parfois même plus – que les coûts initiaux.

A. Durabilité. La durabilité d'une technologie – la longueur de sa durée de vie utile - a un impact important sur son coût global. En effet, plus courte est la durée de vie d'une technologie, plus souvent elle devra être remplacée. Les coûts de remplacement d'une technologie sont bien souvent ignorés, car ils requièrent une vision à long terme : un ensemble de panneaux solaires bien construits et bien entretenus, par exemple, peut durer une vingtaine d'années, voire davantage.

B. Les coûts de fonctionnement sont souvent ignorés ou sous-estimés. Ils comprennent :

La maintenance. Tous les systèmes énergétiques requièrent une maintenance régulière. Les batteries et les groupes électrogènes sont des dispositifs qui demandent une maintenance relativement fréquente. Dans la plupart des systèmes qui incluent des batteries, l'entretien de ces batteries est crucial pour la bonne marche du système– pas uniquement pour la continuité du fonctionnement, mais également pour son efficacité économique (voir ci-dessous « Le remplacement de composants »). Les TER en elles-mêmes demandent une maintenance relativement ponctuelle et légère (à l'exception des systèmes hydrauliques). Cependant, sans aucune maintenance, leur production énergétique et leur durée de vie utile décroîtront rapidement. La maintenance demande :

Du personnel qualifié. Certains équipements requièrent d'être entretenus régulièrement par des techniciens professionnels ; tous les équipements sans exception doivent être révisés périodiquement par des personnes formées au diagnostic des problèmes des appareils et à leur bon entretien.

De l'équipement supplémentaire. La radio doit disposer d'un stock d'outils, de pièces détachées et/ou d'une solution énergétique de backup pour la durée des actions de maintenance et pour assurer une fourniture électrique ad hoc en cas de problèmes ou de pannes.

Le remplacement de composants (particulièrement des batteries). Le coût de durée de vie d'une technologie dans un système énergétique peut augmenter de manière importante si des composants doivent être remplacés régulièrement.

FAQ 4.1

Comment comparer adéquatement les coûts des différentes technologies génératrices d’énergie ?

Pour comparer objectivement deux technologies de même puissance, il est nécessaire :

D’identifier tous les coûts des technologies durant l’entièreté de leur durée de vie. Cela s’appelle une analyse du coût de cycle de vie (CCV).

D’exprimer tous les coûts dans le même format et les additionner. Les coûts sont le plus souvent exprimés en $ par an ou en $ par kWh. Cette démarche est parfois appelée la mise à niveau des coûts.

Ci-dessous se trouve une comparaison simplifiée entre des panneaux solaires et un groupe électrogène au diesel. Tous les coûts sont exprimés en dollars par an (il est également possible d’utiliser le $ par kWh). Il est supposé que les deux systèmes produisent la même quantité d’énergie utile, soit 5 kWh par jour. Quelques relations arithmétiques simples sont indiquées entre parenthèses.

Pour le système solaire :

1. Coût initial des panneaux solaires : 14 000 $ pour une durée de vie de 25 ans

Coût annuel : **560 $** (14 000 / 25 = 560)

2. Coût de la maintenance des panneaux solaires : 1 % du coût initial par an

Coût annuel : **140 $** (14 000 x 0, 01 = 140)

3. Coût de remplacement des panneaux solaires : 2 000 $ tous les 5 ans

Coût annuel : **400 $** (2 000 / 5 = 400)

Coût annuel des panneaux solaires : **1 100 $** (560 + 140 + 400 = 1100)

Pour un groupe électrogène au diesel :

1. Coût initial d'un groupe électrogène : 2 000 $ pour une durée de vie de 10 ans

Coût annuel : **200 $** (2 000 / 10 = 200)

2. Coût de maintenance d'un groupe électrogène : 0,1 $ par kWh

Coût annuel : **183 $** (0,1 x 5 x 365 = 183)

3. Coût du carburant : 0,67 $ par kWh

Coût annuel : **1 223 $** (0,67 x 5 x 365 = 1223)

Coût annuel total du groupe électrogène : **1 437 $** (200 + 183 + 1223 = 1606)

Dans cette analyse, les panneaux solaires obtiennent un chiffre plus avantageux que le groupe électrogène. Il s'agit cependant **uniquement d'un exemple simplifié, destiné à illustrer une technique** de calcul. Cela ne signifie pas que les panneaux solaires sont, de façon générale, meilleurs que les groupes électrogènes. Les illustrations 4.4 et 4.5 montrent des exemples d'analyses CCV plus réalistes.

Les batteries en sont l'exemple le plus frappant, ainsi qu'illustré dans l'analyse ci-dessous (le lecteur trouvera plus d'informations sur les batteries dans le **chapitre 7**). La nécessité de remplacer régulièrement les batteries entraîne deux conséquences importantes :

Une bonne maintenance des batteries est un moyen efficace de garder au plus bas le coût de durée de vie d'un système énergétique. Une batterie plomb-acide liquide mal entretenue pourra nécessiter un remplacement tous les deux ou cinq ans plutôt que tous les 10 ans ; ceci double donc le coût des batteries sur la durée de vie du système.

La fiabilité des sources énergétiques chargeant une batterie à une influence capitale sur le coût du système. Le plus longtemps une source énergétique fonctionne sans fournir suffisamment d'énergie pour couvrir les besoins d'une radio, plus d'énergie les batteries devront stocker pour compenser la différence. Tout autre facteur étant semblable, une source d'énergie moins versatile demandera moins de batteries, et donc cela implique moins de dépenses à chacun de leurs remplacements. Les sources d'énergie peuvent être rendues plus fiables en choisissant la TER la plus appropriée, ou en complétant une TER avec un groupe électrogène de secours. La seconde option résulte en un système hybride (comme les systèmes 5 à 7 présentés dans le chapitre précédent).

Le carburant. Le coût en carburant sur la durée de vie d'un groupe électrogène est presque toujours plus important que son coût initial ; la dépense en carburant peut souvent représenter plusieurs fois le prix d'achat (la FAQ 4.2 donne l'exemple d'un groupe électrogène fonctionnant 6 heures par jour, avec des coûts en carburant qui équivalent à presque 30 fois le prix d'achat). Beaucoup de radios possèdent des groupes électrogènes qui ne peuvent fonctionner en raison du coût trop élevé en carburant. Ainsi qu'indiqués dans l'**introduction**, les prix du carburant seront probablement de plus en plus chers dans le futur. Il faut en tenir compte.

C. Les coûts initiaux d'une technologie génératrice incluent :

L'équipement générateur d'électricité. Le cœur d'un système énergétique est l'appareil qui capture de l'énergie – qu'il s'agisse d'énergie solaire, d'énergie éolienne, d'énergie hydraulique ou d'énergie fossile dans un carburant – et la convertit en électricité. Les panneaux solaires, les éoliennes (y compris leur mât), les installations hydrauliques (incluant la turbine et les travaux de génie civil) coûtent de l'ordre de 2 000 à 8 000 $ par kW de puissance estimée. Les installations hydrauliques occupent la dernière place du classement, tandis que les éoliennes et les panneaux solaires en occupent le milieu et le haut. Le coût de ces technologies par *kWh utilisable produit par jour* est bien entendu du coût par kW estimé, et dépend des paramètres cités ci-contre : les ressources naturelles disponibles,

FAQ 4.2

Comment puis-je estimer le coût à long terme du carburant d'un groupe électrogène au diesel ?

Les groupes électrogènes à combustible fossile ont des coûts initiaux moins élevés en comparaison des TER, mais des coûts de fonctionnement élevés. Durant la durée de vie d'un groupe électrogène, son coût en carburant – transport inclus – dépasse habituellement son coût initial. Le coût du carburant à long terme peut facilement être obtenu lorsque l'on dispose des données suivantes :

C = coût du carburant par unité de volume (en $ par litre par exemple)

T = nombre moyen d'heures durant lesquelles le groupe électrogène fonctionne quotidiennement (calculé sur une année)

V = volume d'un réservoir de carburant (en litres)

H = heures de fonctionnement pour un réservoir de carburant

Le coût annuel du carburant est de : 365 x C x T x V / H

Par exemple, selon le fabricant, un groupe électrogène donné de 3,5 kW fonctionne à pleine puissance pendant 8,2 heures avec un réservoir de 23 litres [3]. Supposons que le carburant coûte 1,50 $/litre, et que le groupe électrogène fonctionne à pleine puissance six heures par jour en moyenne. Le coût annuel en carburant sera de **9 214 $** (365 x 1,5 x 6 x 23 / 8,2 = 9 214). Ainsi, le groupe électrogène consommera plus de 70 000 $ de carburant sur huit ans. Le prix d'achat de ce groupe électrogène est de 2 249 $. Si le groupe électrogène dure huit années, **son coût en carburant pour sa durée de vie sera plus de 30 fois supérieur à son coût initial.**

Remarques : Ce calcul exclut les frais de transport, de sécurité et d'entretien. Il suppose également le prix du carburant constant dans le temps, alors qu'en fait il a tendance à augmenter.

L'annexe A contient des feuilles de calcul pour déterminer le coût annuel du carburant pour un groupe électrogène (**annexe A.3**), et pour comparer le coût annuel de l'énergie entre trois différentes options énergétiques (**annexe A.4**).

le temps quotidien de production de la technologie, et les facteurs de perte. Il y a également des économies d'échelle : les technologies devenant moins onéreuses au kW avec la taille de l'achat. Les économies d'échelle sont particulièrement prononcées dans les cas des éoliennes, puisqu'une petite augmentation du diamètre des pales de la turbine, ou de la taille de la turbine provoquera une importante augmentation de la production énergétique de la turbine.

Lorsqu'un système énergétique comporte un équipement de production d'énergie, cet équipement constitue habituellement l'élément le plus onéreux lors de l'acquisition, mais pas nécessairement le plus coûteux à long terme. Les études de cas du **chapitre 7** et les exemples d'analyse ci-dessous montrent qu'il constitue typiquement les **deux tiers** du coût initial d'un système comprenant également des batteries, un contrôleur de charge ainsi qu'un convertisseur. D'autres composants tels que des supports et des dispositifs d'alignement pour des panneaux solaires, la tour pour une éolienne, et les travaux de génie civil pour une installation hydraulique ne doivent pas être oubliés.

L'équipement de stockage et de régulation. Après l'équipement de production, les batteries sont habituellement les plus coûteuses au départ dans un système énergétique. Dans les études de cas et les devis présentés en exemple dans ce chapitre, les batteries constituent de 10 % à 20 % du coût d'un système comprenant une TER. Si le système comprend une ou plusieurs TER, il sera probablement nécessaire d'acheter aussi un convertisseur, un contrôleur de charge et des câbles de transmission à longue distance.

Autres coûts initiaux. Les coûts initiaux suivants devraient également être considérés :

Le transport local et international de l'équipement, sans oublier les probables taxes d'importation.

L'évaluation des ressources, si elle est réalisée par un consultant dont les honoraires seront à payer.

L'installation de l'équipement de production et des batteries.

La formation du personnel (elle peut être offerte par la société qui commercialise la technologie énergétique).

La sécurité : en fonction du type de sécurité utilisée, cela peut constituer une dépense initiale ou un coût de fonctionnement (par exemple une clôture de sécurité pour un panneau solaire est un coût initial, alors qu'un gardien pour un parc solaire est un coût de fonctionnement).

Les assurances.

D'autres facteurs qui influencent le coût et les performances des technologies

A. Le contexte industriel local et le contexte politique. Les coûts des technologies énergétiques dépendent en partie de la disponibilité de la technologie dans la région de la radio. Certaines industries, telles que l'industrie du solaire,

ILL. 4.3
Un menuisier travaillant sur une pale d'éolienne au Mozambique. Une technologie énergétique fabriquée localement (en opposition à l'importation) est souvent plus facile à entretenir et à utiliser grâce à l'expertise locale.
Photo : The Clean Energy Company



sont très répandues en Afrique, mais d'autres équipements peuvent s'avérer plus difficiles à obtenir. Avoir à disponibilité une expertise locale ainsi que de l'équipement peut faire une grande différence non seulement sur les coûts de transport, mais également sur le coût du carburant, celui des pièces détachées et celui de l'entretien. Les gouvernements soutiennent parfois certaines technologies énergétiques par l'octroi de subsides, la suppression de taxes douanières ou d'autres taxes ; certaines ONG aussi accordent de l'aide en faveur de projets de production énergétique ou en faveur des TER (voir le **chapitre 11** pour plus de détail sur des politiques d'appui en faveur de l'énergie).

B. La fiabilité de la technologie. On attend des fabricants de la plupart des technologies énergétiques qu'ils répondent aux normes internationales de façon à garantir la sécurité et la qualité de leur équipement. Une technologie conforme aux standards internationaux aura tendance à durer plus longtemps et à être plus énergétiquement performante. Les normes sont importantes pour les consommateurs, car elles fournissent des mesures bien définies pour leur permettre de faire la distinction entre de l'équipement de haute et de basse qualité. En achetant de l'équipement répondant aux normes appropriées, on encourage les revendeurs à proposer plus d'équipement de ce type.

La bonne marche d'un système énergétique ne dépend pas que de la qualité de chaque élément pris séparément, mais également de la compatibilité des différents composants entre eux. À titre d'exemple, un système comportant des panneaux solaires, des batteries et un convertisseur de haute performance fonctionnera assez mal si la capacité des batteries n'est pas adaptée aux panneaux solaires. Pour cette raison, il est tout aussi important de sélectionner des planificateurs et des installateurs qualifiés qu'une technologie de haute qualité. Le **chapitre 9** propose des conseils pour le choix des consultants et des fournisseurs énergétiques.

Exemples d'analyse des coûts et de l'énergie

Sont proposés ici des exemples de deux systèmes de production d'énergie : l'un basé sur une éolienne et l'autre sur des panneaux solaires. Le but de ces exem-

ples est de montrer l'importance relative des coûts des différents composants de systèmes basés sur une TER, et de mettre en évidence les principaux paramètres qui influencent les coûts des composants ainsi que les coûts globaux.

Note : le but de ces exemples n'est pas de comparer les coûts de la puissance d'un système d'énergie solaire et celui d'une éolienne. Les avantages respectifs des énergies solaires et éoliennes pour une radio donnée dépendront des paramètres décrits ci-contre.

On peut cependant remarquer que :

L'exemple de l'énergie éolienne met en évidence qu'il y a un peu moins d'énergie produite par dollar investi que dans le cas de l'énergie solaire.

L'exemple de l'énergie éolienne suppose une vitesse moyenne de vent élevée (5 m/s), ce qui est rare en Afrique, alors que l'exemple de l'énergie solaire considère une irradiation solaire moyenne (5.5 heures d'ensoleillement par jour) assez habituelle en Afrique (la question de la durée d'ensoleillement est discutée plus en détail dans le chapitre 5).

Les exemples ci-dessous concernent des systèmes relativement petits (chacun produit à peu près 7 kWh par jour). Mais le coût de chaque kWh produit par l'énergie éolienne (plus que le coût de chaque kWh produit par l'énergie solaire) décroît rapidement pour des systèmes de plus grande envergure, en raison des économies d'échelle mentionnées plus haut.

Exemple 1. Système à énergie solaire et batteries

L'exemple suivant est un système à énergie solaire dans la Sierra Leone qui comprend des panneaux solaires d'une puissance estimée de 2,63 kW, un lot de batteries, un contrôleur de charge et un convertisseur. Le coût initial de ce système est de 28 000 $.

Quelle quantité d'énergie sera produite par ce système ?

Hypothèses :

Durée moyenne d'ensoleillement quotidien : 5,5 heures (valeur habituelle sur le continent africain).

COMPOSANTS D'UN SYSTÈME À ÉNERGIE SOLAIRE	Coût de durée de vie ($)	Coût annuel ($)	Coût par kWh (US cents)**	% du coût total
COÛTS INITIAUX	**28.000**	**1.120**	**0,41**	**43%**
Panneaux solaires (2.63 kW)	15.200	610	0,22	23%
Batteries (4.8 kAh, 24V cycle large, immergée)	4.900	200	0,07	7%
Convertisseur (3 kW, 24 V)	3.000	120	0,04	5%
Contrôleur de charge (60A, 24V, avec MMPT*)	900	40	0,01	1%
Support des panneaux solaires	1.500	60	0,02	2%
Conteneur des batteries (en bois)	500	20	0,01	1%
Câbles d'installation	500	20	0,01	1%
Installation et main d'œuvre	800	30	0,01	1%
Transport des matériaux***	500	20	0,01	1%
Formation du personnel (3 jours)	200	10	0,01	0,3%
COÛTS DE FONCTIONNEMENT	**37.300**	**1.490**	**0,55**	**57%**
Maintenance générale	7.000	280	0,10	11%
Remplacement des batteries	30.400	1.220	0,45	46%
COÛTS TOTAUX	**65.300**	**2.610**	**0,96**	**100%**

ILL. 4.4
Analyse du coût de cycle de vie d'un système à énergie solaire et batteries. Les chiffres les plus importants sont imprimés en vert. Données concernant les coûts initiaux : informations pour une station radio en provenance d'une société africaine. Données concernant les coûts de fonctionnement : analyse de l'auteur basée sur les hypothèses développées dans le texte ci-contre.

* pour Maximum Power Point Tracker en anglais, c'est-à-dire dispositif de contrôle de charge pour panneaux solaires (pour une description de ce dispositif voir le **chapitre 7**, dans la section « contrôleur de charge »).
** Basé sur une production énergétique journalière de 7,43 kWh ; voir page suivante pour le calcul de l'énergie utilisable par jour.
*** Les coûts de transport peuvent être beaucoup plus élevés pour des radios dans des zones isolées.

Estimation des panneaux solaires sous conditions de test standard : 2,63 kW (15 x des modules de 175 W)

Énergie estimée par jour : 14,4 kWh (en se basant sur les deux hypothèses précédentes)

Facteur de perte des panneaux solaires : 25 %

Facteur de perte des batteries : 15 %

Facteur de perte du câblage : 5 %

Facteur de perte dans le convertisseur : 15 %

Résultat :

Énergie électrique journalière rectifiée (c'est-à-dire utilisable) : 7,43 kWh

Combien coûtera ce système ?

Hypothèses :

Durée de vie des panneaux solaires : 25 ans.

Maintenance générale : 1 % du coût initial par an.

Durée de vie d'une batterie : au minimum 4 ans.

Coût de remplacement d'une batterie (supposé équivalent au coût initial de la batterie) : 4 900 $.

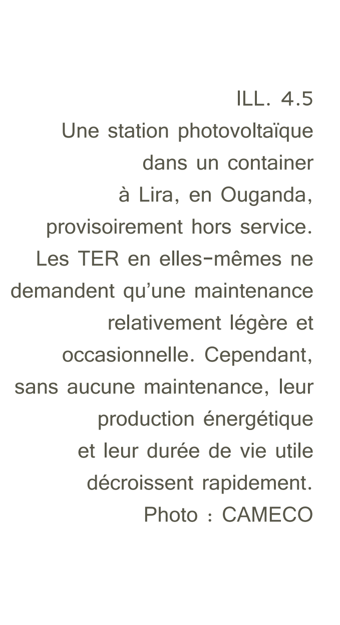
La capacité des batteries est suffisante pour stocker l'énergie nécessaire durant les périodes de moindre ensoleillement.

Le coût des batteries est invariable dans le temps.

Le taux d'escompte n'est pas pris en compte dans cette analyse.

Points clés (pour les détails, se référer à l'**illustration 4.4**, particulièrement aux nombres imprimés en vert) :

Les coûts de fonctionnement pour ce système sont plus importants que les coûts initiaux.



ILL. 4.5
Une station photovoltaïque dans un container à Lira, en Ouganda, provisoirement hors service. Les TER en elles-mêmes ne demandent qu’une maintenance relativement légère et occasionnelle. Cependant, sans aucune maintenance, leur production énergétique et leur durée de vie utile décroissent rapidement.
Photo : CAMECO

Les plus grands frais sont ceux de remplacement d’une batterie, qui représentent quasiment la moitié (46 %) du coût total de durée de vie du système.

Les panneaux solaires eux-mêmes arrivent en deuxième place du classement des coûts, mais ils représentent seulement un quart (23 %) du coût total de durée de vie du système.

Certains des composants les moins coûteux (le contrôleur de charge et la formation du personnel) ont un impact fort sur le coût du composant le plus onéreux (le coût de remplacement des batteries). Cela signifie que de l’argent investi dans un bon contrôleur de charge et dans la formation de l’équipe aura tendance à avoir une répercussion positive en réduisant le coût total du système.

Exemple 2. Système éolien

L’exemple suivant est un système éolien en Afrique du Sud comprenant une éolienne estimée à 3 kW, un mat de 12 m, un ensemble de batteries, un convertisseur et un contrôleur de charge. Le coût initial du système est de 20 700 $.

Quelle quantité d’énergie sera produite par ce système ?

Hypothèses :

Vitesse moyenne du vent à 12 mètres d’altitude : 4,5 m/s (valeur élevée pour l’Afrique).

Tension de l’éolienne : 24 V.

Production annuelle d’énergie 3 400 kWh (basé sur les chiffres du fabricant sur la production annuelle à long terme).

Énergie estimée par jour : 9,32 kWh (basé sur les hypothèses précédentes).

Facteur de perte de l’éolienne : 15 %.

Facteur de perte de la batterie : 15 %.

Facteur de perte du câblage : 5 %.

Facteur de perte du convertisseur : 15 %.

Production réelle : 0,23 kW (5,4 kWh par jour / 24 heures. Il s’agit à strictement parler d’une puissance moyenne ; au cours du temps la puissance oscillera largement autour de cette valeur).

Résultat :

Énergie électrique journalière rectifiée (c'est-à-dire utilisable) : 5,4 kWh.

Comparaison entre la puissance estimée et la puissance réelle :

Puissance estimée de l'éolienne : 3 kW (chiffre donné par le fabricant).

COMPOSANTS DU SYSTÈME ÉOLIEN	Coût de durée de vie ($)	Coût annuel ($)	Coût par kWh (US cents)**	% du coût total
COÛTS INITIAUX	**20.700**	**1.140**	**0,57**	**51%**
Éolienne (3 kW) et mât (12m)	12.500	690	0,35	31%
Contrôleur de charge	900	50	0,03	2%
Résistances diverses	400	20	0,01	1%
Batteries (16 x 102 Ah, large cycle)	2.300	130	0,07	6%
Convertisseur (3 kW, onde sinusoïdale pure)	1.500	80	0,04	4%
Transport, câblage, installation, main d'œuvre *	3.100	170	0,09	8%
COÛTS DE FONCTIONNEMENT	**20.100**	**1.120**	**0,56**	**49%**
Maintenance générale	7.400	410	0,21	18%
Remplacement des pales	4.300	240	0,12	11%
Remplacement des batteries	8.400	470	0,24	21%
COÛTS TOTAUX	**40.800**	**2.260**	**1,14**	**100%**

ILL. 4.6
Analyse du coût de cycle de vie d'un système à énergie éolienne. Les chiffres les plus importants sont imprimés en vert.
Données concernant les coûts initiaux : indications de Solar Con, une société d'énergie alternative située en Afrique du Sud. Données concernant les coûts de fonctionnement : analyse de l'auteur basée sur les hypothèses développées dans le texte ci-contre.

* Ces coûts sont considérés comme atteignant 15 % du coût initial du système
** Basé sur une estimation de la production énergétique journalière de 5,4 kWh, voir page suivante pour les calculs.

Combien coûtera ce système ?

Hypothèses :

Durée de vie d'une turbine : 18 ans.

Durée de vie d'une pale : 8 ans.

Coût de remplacement d'une pale : 1 900 $ (incluant la pale et son installation, mais pas les coûts de transport).

Durée de vie d'une batterie : 5 ans.

Coût de remplacement d'une batterie (supposé équivalent au coût initial de la batterie) : 2 300 $.

Coût de maintenance : 2 % du coût initial par an.

La capacité des batteries est suffisante pour stocker l'énergie nécessaire pendant les périodes de vent faible.

Le coût des batteries et des pales est invariable dans le temps.

Le taux d'escompte n'est pas pris en compte dans cette analyse.

Points clés :

Les remarques formulées dans l'exemple 1 sont également valables dans ce cas-ci, à savoir les coûts élevés des composants à remplacer – ici les batteries et les pales – et le faible coût du contrôleur de charge.

La puissance estimée de l'éolienne (3 kW) est un très mauvais indicateur de la quantité réelle d'énergie produite (en moyenne) par le système éolien (0,23 kW). C'est pourquoi l'estimation de la production énergétique à long terme du fabricant devrait être utilisée en lieu et place du seul chiffre de l'estimation de la puissance (le **chapitre 5** contient plus d'informations sur les estimations de puissance des éoliennes).

Résumé des principales technologies génératrices d'énergie

	Coût initial	Coûts F et M*	Ressources naturelles	Evaluation des ressources	Fiabilité de l'énergie	Durabilité de la technologie	Disponibilité de la technologie et de l'expertise
Panneaux solaires avec batteries	Très élevé	Très bas Environ 1% du coût initial par an**	Le soleil Très disponible en Afrique	Facile	Elevée (si entretenu correctement) ou bas (dans le cas contraire)	Panneaux solaires 20–30 ans Batteries*** : 2–5 ans	Elevée
Eolienne avec batteries	Elevé	Très bas à bas Environ 2% du coût initial par an**	Le vent Disponible dans certaines régions d'Afrique, mais souvent imprédictible	Moyennement difficile	Moyenne (si entretenu correctement) ou basse (dans le cas contraire)	Turbine : 15–20 ans Pales : 5–10 ans Batteries*** : 2–5 ans	Modérée
Hydraulique avec batteries	Elevé	Bas à moyens 3% ou plus du coût initial par an**	Rivières Disponibles sur des sites spécifiques	Facile à difficile (en fonction de la taille de l'installation)	Elevée (si entretenu correctement) ou basse (dans le cas contraire)	Travaux de génie civil et turbine : 30–40 ans Roulements de la turbine : 8–10 ans Batteries*** : 2–5 ans	Basse (mais peut être élevée dans certaines régions montagneuses)
Groupe électrogène (diesel)	Modéré à élevé	Elevés	Aucune	Aucune	Elevée	25,000 heures de fonctionnement	Très élevée
Groupe électrogène (essence)	Bas	Très élevés	Aucune	Aucune	Moyenne	1,000–2,000 heures de fonctionnement	Elevée
Système hybride (TER + groupe électrogène de secours)	Très élevé	Bas à moyens	Variables Dépendant de la TER utilisée	Variables Dépendant de la TER utilisée	Très élevée	Batteries*** : 5–10 ans Générateur : 10 ans	Moyenne (plus complexe qu'un système avec uniquement une TER)

ILL. 4.7
Résumé des principales technologies génératrices d'énergie.

* Coûts de fonctionnement et de maintenance
** N'inclut pas les coûts de maintenance ou de remplacement des batteries, du convertisseur, des contrôleurs de charge ou des câbles.
*** Les batteries durent beaucoup moins de 10 ans si elles sont mal utilisées ou mal entretenues ou si elles sont dès le départ de piètre qualité.

Les technologies à énergie renouvelable (TER)

5

Ce chapitre décrit les principales technologies à énergie renouvelable (TER). Elles peuvent être utilisées pour générer de l'électricité pour un ménage, un lieu de travail ou un espace communautaire. Les TER sont des technologies qui pour produire de l'électricité recourent à des sources d'énergie naturellement disponibles et renouvelées. Elles ont peu d'impact négatif sur l'environnement, car elles ne puisent pas dans des sources d'énergie non durables comme les combustibles fossiles et ne produisent pas d'émissions nocives telles que du dioxyde de carbone. Les TER principales en production électrique sont l'énergie solaire (connue également sous le nom de photovoltaïque ou PV), l'énergie éolienne et l'énergie hydraulique. Ce chapitre décrit les aménagements physiques, les ressources naturelles nécessaires, la production énergétique, les facteurs de perte, les normes ainsi que les conditions industrielles et politiques relatives à chacune de ces TER. Il contient également des informations sur trois technologies émergentes : l'énergie animale, le biogaz et l'huile de jatropha.

Remarque : Ce chapitre décrit les *composants* qui *génèrent* de l'énergie, et non les dispositifs qui *stockent* et *régulent* le flux électrique dans un système, comme les contrôleurs de charge et les régulateurs de tension (ces éléments sont abordés dans le **chapitre 7**). Il n'explique pas non plus comment ces composants doivent être combinés pour constituer un système énergétique. Par exemple, les panneaux solaires peuvent être utilisés avec une éolienne, avec un groupe électrogène ou le réseau électrique public. Et les TER sont généralement utilisées avec des batteries, entraînant une hausse de leur coût et des procédures d'entretien. Le **chapitre 3** explique quelques façons de combiner les technologies énergétiques en systèmes.

D’un coup d’œil

Le photovoltaïque (PV)

L’énergie solaire ou PV est la **TER la plus populaire** présentée dans ce guide. Largement exposée au soleil, l’Afrique bénéficie grandement de l’énergie solaire. Or le PV est une technologie qui a fait ses preuves et dont la production est relativement aisée à prévoir.

Le PV possède des **coûts initiaux élevés** en comparaison des groupes électrogènes et des technologies éoliennes et hydrauliques (pour des charges importantes).

L’irradiation solaire est l’énergie fournie à la terre par le soleil. Elle est mesurée en **heures d’ensoleillement** ou en **kWh par m² par jour**. Une heure d’ensoleillement est la quantité d’énergie fournie par un plein soleil durant une heure. Les **cartes solaires** fournissent une estimation des heures d’ensoleillement moyennes d’un site.

Les coûts d’**entretien** pour le PV sont relativement faibles, mais il est essentiel qu’une maintenance soit entreprise régulièrement, spécialement le nettoyage de la surface des modules PV et l’entretien des batteries.

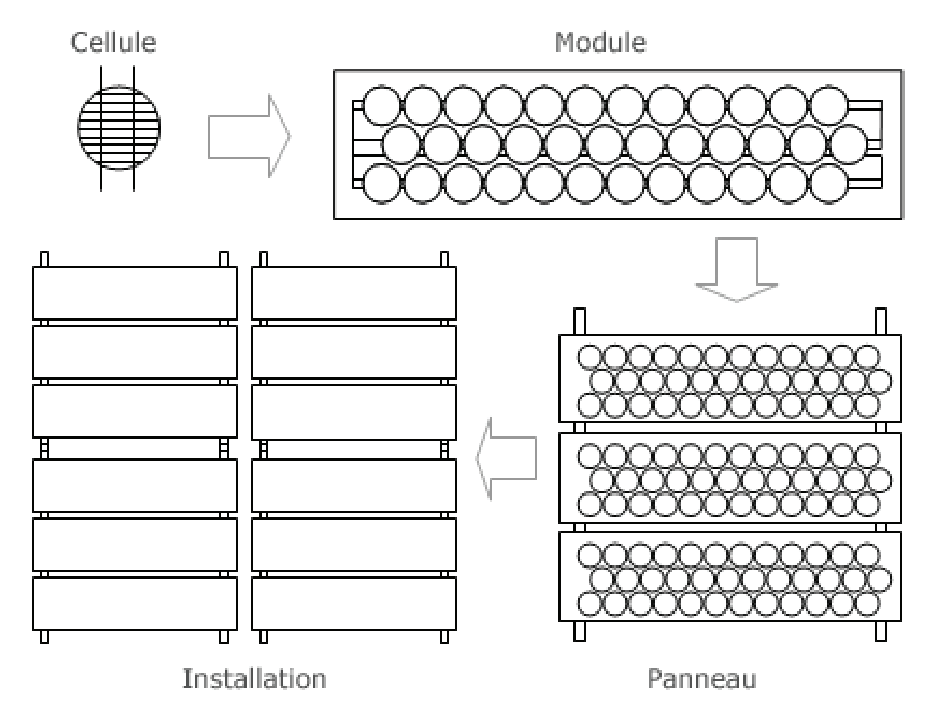
De l’ombre sur de petites zones des panneaux PV peut fortement réduire la production de l’installation. Les panneaux PV sont à installer hors de zones **actuellement ou potentiellement obstruées**.

Les modules PV sont mesurés en **watts-crête**, ou Wc. La puissance fournie par un module à une batterie est habituellement de 20 % à 30 % de sa puissance estimée.

Technologie à énergie solaire (photovoltaïque)

Conception de la technologie PV

L'unité de base d'une installation PV est la cellule photovoltaïque. Cette cellule utilise l'énergie solaire pour stimuler le flux d'un courant électrique en son sein. Les cellules sont connectées en série et/ou en parallèle pour produire des courants et/ou tensions plus importantes (le **chapitre 1** contient plus d'informations sur les circuits en série et en parallèle). Les modules PV sont les « briques de construction » d'un système PV. Ceux-ci consistent en un groupe de cellules PV interconnectées pour produire la tension et le courant désirés, assemblés dans une armature métallique et recouvert d'un transparent destiné à protéger les cellules sensibles. Les modules sont combinés pour constituer des panneaux PV prêts à l'emploi. Les panneaux eux-mêmes peuvent être combinés pour donner une plus grande



ILL. 5.1
Conception de la technologie PV
Les cellules PV sont combinées pour donner des modules, des panneaux et une installation. Le coût et la puissance d'un équipement PV sont en général exprimés en termes de coût et de puissance des modules PV.
Schéma : auteur



ILL. 5.2
Un tableau PV monté sur mât, montrant les modules PV composés de cellules et combinés pour former les trois panneaux de cette installation. Derrière le panneau central, on peut apercevoir un mécanisme d’alignement (voir ci-dessous pour quelques informations sur les systèmes d’alignement). Photo : CAMECO

installation PV. L'assemblage modulable de l'équipement PV rend le dimensionnement d'une installation aisé pour répondre aux besoins spécifiques d'une radio. Il est également assez simple d'accroître la taille d'une installation PV existante.

Les trois classes principales de cellules PV sont les cellules monocristallines en base silicone, les cellules polycristallines et les cellules amorphes (« couche mince »). Les cellules monocristallines sont sensiblement plus efficaces et plus chères que les cellules polycristallines. Les cellules amorphes sont généralement moins efficaces, et elles peuvent avoir une durée de vie réduite, mais sont moins coûteuses et plus faciles à produire que les cellules mono et polycristallines.

Les cellules amorphes étant moins efficaces, les modules basés sur ce type de cellules doivent avoir une taille plus importante pour obtenir la même production énergétique que de plus petits modules composés de cellules mono ou polycristallines. Cela les rend plus chers à transporter et plus vulnérables au vent, mais plus compliqués à emporter par des voleurs éventuels. Le fait que les modules amorphes prennent plus de place les rend moins intéressants pour la plus grande partie du marché PV, entraînant une réduction de leur prix. Dès lors, les modules amorphes peuvent représenter une option intéressante dans les régions où la place n'est pas un problème, telle que l'Afrique rurale.

Ressources naturelles

Un certain nombre de paramètres naturels déterminent la quantité d'énergie qu'une installation PV peut produire. Ils doivent être pris en compte lorsqu'on place et dimensionne une installation.

Irradiation solaire

La quantité d'énergie solaire qui atteint la surface de la Terre est le paramètre le plus déterminant pour la production d'une installation PV. Elle est appelée l'**irradiation solaire**. L'irradiation solaire se mesure en énergie (en kW) par unité de surface (m^2) par jour. Elle est également mesurée en **heures d'ensoleillement**. Une heure d'ensoleillement est définie comme la quantité d'énergie qui atteint la

surface terrestre chaque heure de plein soleil (techniquement, le « plein soleil » correspond au soleil de midi, dans un ciel sans nuage, au niveau de la mer). Cela est équivalent à 1 kWh pour chaque m² de surface terrestre. Par exemple, dire qu'un site reçoit « cinq heures d'ensoleillement par jour » revient à dire qu'il reçoit l'équivalent de cinq heures de plein soleil par jour (cela ne veut pas nécessairement dire que le site est exposé au plein soleil pendant cinq heures par jour. Le soleil peut délivrer cinq heures d'ensoleillement par jour en brillant pendant huit heures avec une fine couche nuageuse, par exemple). L'irradiation qu'un site reçoit peut énormément varier au cours d'une année, particulièrement entre les saisons sèches et humides (mais, si les nuages apparaissent principalement la nuit en saison de pluie, la production de l'installation par saison de pluie pourrait ne pas être significativement moindre que pendant le reste de l'année). L'irradiation solaire sur un site africain se situe typiquement entre 4 et 7 kWh/m² par jour (autrement dit, entre 4 et 7 heures d'ensoleillement par jour).

Ombre

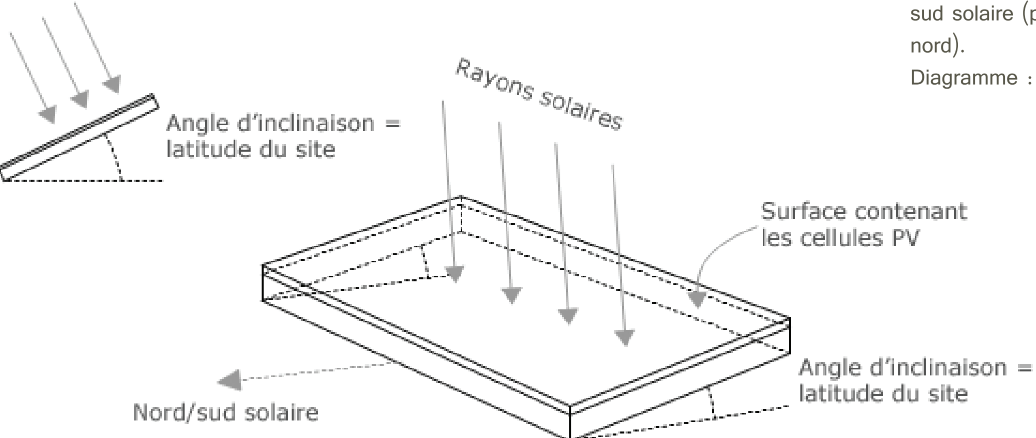
Une petite quantité d'ombre peut avoir un effet important sur la production d'une installation PV. Dans les cas extrêmes, de l'ombre sur une seule cellule (causée par une feuille morte par exemple) peut perturber le bon fonctionnement de l'ensemble du module. Dès lors, il est impératif de prendre en compte l'emplacement des arbres, des bâtiments, des câbles et d'autres obstacles lors du placement d'une installation. De futures constructions, des arbres en croissance, ainsi que les feuilles d'arbres sont des obstacles « cachés ». L'ombre présente sur un site dépend bien entendu de la position du soleil dans le ciel et varie considérablement au cours d'une journée - et, aux latitudes élevées, au cours d'une année.

Angle solaire

Le changement de la position du soleil au cours d'une journée - et, aux latitudes élevées, au cours d'une année – a un impact sur la façon dont les rayons solaires atteignent les panneaux et donc sur la quantité d'énergie produite. Il influe également sur la quantité d'ombre présente sur les panneaux à différents moments du jour et de l'année.

Le nombre d'heures d'ensoleillement qu'une région reçoit par jour peut être calculé en utilisant des cartes solaires de la région disponibles sur Internet. L'**annexe B.2** contient une carte solaire de l'Afrique, créée grâce à la base de données que la NASA met à disposition en ligne. L'**annexe D.2** contient des liens vers cette base de données, des outils pour estimer l'impact d'obstacles sur la quantité d'ombre d'un site et des informations pour déterminer les nord et sud solaires (le nord solaire n'est pas équivalent au nord « réel » indiqué par une boussole, et il en va de même pour le sud solaire).

Une règle d'or est que les panneaux solaires stationnaires soient orientés selon un angle égal à la latitude du site, et devraient faire face au nord solaire dans l'hémisphère sud, et au sud solaire dans l'hémisphère nord (voir l'illustration 5.3). Des supports d'alignement mobiles utilisant des senseurs électroniques existent et sont utilisés pour garder les panneaux PV face au soleil durant la journée et l'année. Il s'agit de dispositifs complexes qui sont facilement endommagés et difficiles à réparer ; cependant, s'ils sont installés correctement et utilisés sur un site approprié, ils peuvent conduire à des gains significatifs de production.



ILL. 5.3
La règle d'or est que les tableaux PV devraient être inclinés selon un angle égal à la latitude du site, et devraient faire face au nord solaire (pour l'hémisphère sud) ou au sud solaire (pour l'hémisphère nord).
Diagramme : auteur

Performance

La production énergétique d'un équipement PV est souvent donnée en termes de puissance de crête ou en **watts-crête** (Wc). Cette mesure est normalisée pour tous les marques et modèles de modules PV de haute qualité, de façon à rendre aisée la comparaison entre les différents modules. Le Wc est la quantité de puissance DC qu'un module produit lorsqu'il fonctionne à plein soleil. Par exemple, si une région a 5 heures d'ensoleillement par jour, une installation de 2 kW produira 10 kWh d'énergie par jour (5 heures x 2 kW = 10 kWh). Les modules sont classés en taille depuis 50 Wc jusque 300 Wc.

La puissance estimée d'un module PV doit être rectifiée pour prendre en compte :

Les températures élevées. Les modules sont estimés à une température standard de 25° C. Spécialement en Afrique, la température de fonctionnement des modules est considérablement plus élevée que cette valeur, entraînant des pertes de 10 % ou plus.

La terre et la poussière. Même s'ils sont régulièrement nettoyés, les modules PV sont affectés par une fine couche de poussière et/ou de terre qui s'accumule à leur surface.

L'intervalle de tolérance du fabricant. Les fabricants de modules ne peuvent pas garantir que leurs modules développeront exactement la puissance estimée, même dans des conditions idéales. Leur production réelle peut varier de 5 % de plus ou de moins que la puissance estimée.

Les pertes dans le câblage. Les estimations PV s'appliquent aux modules et non aux installations. De petites pertes se produisent dans le câblage entre les modules.

Une orientation imparfaite. Même avec un support mobile d'alignement, les tableaux PV ne sont pas toujours orientés directement vers le soleil.

Toutes ces pertes font en sorte que la production électrique d'un tableau PV soit de 20 % à 30 % inférieure à la valeur estimée. Par exemple, à plein soleil, un module estimé à 100 Wc transmettra plutôt 70-80 W d'énergie électrique vers les batteries. Toutes les pertes dans les batteries et le convertisseur prises en compte, une installation PV typique produira seulement 50-60 % de sa puissance estimée. La FAQ 3.1 montre comment évaluer la quantité d'énergie PV estimée nécessaire à une radio.

D'autres facteurs affectant les performances d'une installation PV sont :

La production par temps nuageux. Deux modules PV différents peuvent avoir la même production à plein soleil (p.ex. 100 W), et pourtant avoir des productions différentes à demi-ensoleillement (p. ex 50 W pour l'un contre 90 W pour l'autre). Tout autre facteur équivalent, le module plus performant sous ensoleillement réduit sera préférable à l'autre.

La sensibilité à l'ombre. Certains modules sont conçus pour être moins sensibles aux effets d'ombre. Ces modules sont fabriqués de façon à ce que de l'ombre sur une cellule ne réduise pas les performances des autres cellules.

La détérioration de la puissance à court terme. La puissance d'une cellule amorphe décroît durant les premiers mois d'utilisation avant de se stabiliser. La production estimée d'un module amorphe devrait être estimée sur la base de leur état stabilisé et non initial.

La durée de vie des modules PV est de 20 à 40 ans, s'ils sont de bonne qualité et entretenus correctement. Les garanties sont typiquement de 10 à 25 ans. La plupart des modules PV de haute qualité sont garantis pendant cinq ans pour un fonctionnement à 90 % d'efficacité, et pour 25 ans de fonctionnement à 80 % d'efficacité ou plus. Ce déclin de l'efficacité au fil du temps est un facteur de perte supplémentaire, en plus de ceux mentionnés plus haut.

FAQ 5.1

Quelle quantité de puissance solaire est nécessaire pour pourvoir à une charge électrique quotidienne donnée ?

La puissance PV estimée nécessaire à pourvoir à une charge énergétique quotidienne donnée peut être calculée en utilisant les heures d'ensoleillement de la zone (obtenues via une carte solaire telle que celle proposée dans l'**annexe B.2**) et la charge énergétique quotidienne de la radio (obtenue par une évaluation énergétique telle que décrite dans le **chapitre 2**).

Puissance nécessaire [kWc] = charge électrique [kWh/jour] / heures d'ensoleillement quotidiennes / 0,55

0,55 est le facteur de perte ; cela présuppose que le système PV inclut une batterie et un convertisseur. Par exemple, une radio avec une charge électrique de 15 kWh/jour et 5 heures d'ensoleillement par jour aura besoin d'approximativement 5,5 kWc (15 / 5 / 0,55 = 5,45) pour alimenter la charge.

Maintenance

La faible demande en maintenance est une des vertus du PV. Cependant, sans aucun entretien, les panneaux PV peuvent fonctionner bien en dessous de leur optimum. Les modules devraient être inspectés une fois par semaine pour vérifier les effets d'ombres dus à des feuilles mortes, à de la poussière ou à d'autres obstacles (ou plus souvent si besoin, comme p. ex. dans les régions désertiques). Nettoyer un module à énergie solaire est aussi facile que de nettoyer une vitre, et peut être effectué avec un morceau de tissu doux, de l'eau et un détergent doux.

Les connexions électriques et mécaniques de l'installation PV devraient être vérifiées annuellement pour l'étanchéité et la prolifération de la corrosion. Idéalement cela sera fait par un technicien qualifié ou un agent formé à cet effet. Un placement correct peut faciliter la maintenance en ayant positionné les modules hors d'atteinte de la poussière, du vent ou d'autres obstacles. Les grands panneaux sont vulnérables aux vents forts. La maintenance d'un système PV accordera une attention toute particulière aux batteries, qui sont essentielles pour s'assurer que l'énergie du système PV est disponible même lorsque le soleil ne brille plus. Le **chapitre 7** offre plus d'informations sur la maintenance des batteries.

Sécurité

Leur construction modulaire et leur valeur rendent les panneaux PV attractifs pour les voleurs. Il existe un important marché de seconde main pour les panneaux solaires dans de nombreuses régions ; il n'est pas rare d'en trouver dans des utilisations bien éloignées de la production énergétique : p.ex. dans la fabrication



ILL. 5.4
Modules PV montés sur le toit de l'évêché à Lira en Ouganda.
Photo : CAMECO

de toiture et de tables de bar ! Le vol et le vandalisme sont beaucoup moins problématiques pour l’éolien que pour le solaire, en raison de la hauteur, du poids et du risque d’électrocution inhérent au démontage d’équipement éolien. En outre, le marché de seconde main pour ces équipements est plus réduit.

Les mesures de prévention les plus habituelles consistent à installer des clôtures électrifiées, de l’éclairage de sécurité, un contrôle par caméras et des alarmes (même si toutes ces mesures requièrent de l’énergie supplémentaire). Les petits panneaux solaires peuvent être placés à quelques mètres du sol afin qu’ils ne puissent pas être atteints trop facilement, mais cela devient coûteux pour les systèmes de plus grande envergure. Certains fournisseurs utilisent des vis spéciales qui ne peuvent être retirées qu’en possédant des outils difficiles à trouver. Une solution plus simple est de souder les modules sur le support métallique ou bien (pour les systèmes fixés au toit) de les visser depuis l’intérieur du bâtiment. Les modules volumineux sont plus compliqués à être emportés par des voleurs. On peut aussi diminuer la valeur de revente des panneaux en apposant le nom du propriétaire à l’arrière des panneaux ou en utilisant des motifs de couleur spécifique ou en gravant les numéros de série sur l’équipement. Toutes ces mesures sont plus ou moins concluantes selon les situations.

Normes

Les normes internationales pour les modules PV sont l’IEC 61215 (cellules cristallines) et l’IEC 61646 (cellules amorphes). Les modules qui ont été testés selon ces normes ont tendance à durer plus longtemps et à produire plus d’énergie que ceux sans certification. Si un module répond aux normes internationales de fabrication et de conception, cela devrait être clairement indiqué sur le produit. Le certificat d’un module PV peut généralement être vérifié en effectuant une recherche sur le produit dans les bases de données en ligne fournies par des organismes certifiés (deux de ces bases de données sont répertoriées dans l’annexe D.2, dans la section « Ressources pour aller plus loin » relative à ce chapitre). Remarque : les modules PV qui peuvent être achetés sur le marché africain local sont souvent moins chers, mais également de moins bonne qualité que les modules importés.

Marché et politique

Les produits PV sont les plus répandus des TER en Afrique. Cela rend leur achat et leur entretien aisés. Il y a également un grand nombre de ressources en ligne concernant les produits PV, incluant les forums et les listes de sociétés dans la liste des « Ressources pour aller plus loin » pour ce chapitre. Toutefois, la technologie PV n'est pas encore fabriquée sur le continent africain, engendrant une hausse due aux coûts du transport et des taxes douanières.

Pour les radios déjà équipées d'une installation PV en mauvais état de fonctionnement, il peut être moins cher de faire réparer l'ancien équipement plutôt que d'investir dans un nouveau. Un certain nombre d'entreprises africaines proposent des services d'entretien et de réparation pour les équipements PV existants (incluant les batteries, et les convertisseurs). Voir dans les **annexes D.2** pour plus de détails.

Énergie éolienne

Conception

Les éoliennes sont formées de **pales** qui convertissent l'énergie du vent en énergie mécanique via l'arbre mécanique de l'aérogénérateur (voir ILL. 5.5). L'arbre est relié à un générateur électrique qui convertit le mouvement de l'arbre en énergie électrique, sous la forme de courant AC à fréquence variable, ou « sauvage ». Un rectifieur convertit alors le courant AC en DC pour un stockage dans les batteries. L'arbre mécanique, le générateur et le câblage du générateur sont la plupart du temps contenus dans un volume de rangement appelé la **nacelle**, le rectifieur quant à lui est placé au niveau du sol. **L'aileron arrière** de l'aérogénérateur permet de s'assurer que les pales sont en permanence orientées face au vent, et la **couronne d'orientation** permet de fixer les pales sur le **mât ou la tour**. Des **haubans** permettent à la tour de rester stable même par grands vents. La hauteur de l'aérogénérateur est mesurée entre le moyeu et le sol, et appelée également la **hauteur du moyeu**. Le **diamètre de pale** est le diamètre de la **surface de**

D’un coup d’œil

Éoliennes

Dans de bonnes conditions, les éoliennes peuvent s’avérer **plus rentables** que les installations PV. Le vent n’est pas aussi présent en Afrique que le soleil, mais **certaines zones sont néanmoins idéales** pour l’installation d’éoliennes.

La production électrique des éoliennes est extrêmement sensible au climat et à la topographie locale, et une **évaluation approfondie de la situation d’exposition au vent** doit être menée avant d’investir dans un aérogénérateur (c’est par simplification du terme que l’on parle habituellement d’éolienne).

Par rapport au PV, la production énergétique des éoliennes est **variable et difficile à prévoir de façon précise**. Pour cette raison, une plus grande capacité de stockage (batteries) est requise pour les éoliennes que pour les installations PV, cela ayant pour effet d’accroître le coût d’un système éolien.

Les **estimations du fabricant** doivent être prises avec prudence. Un tableau montrant la **production énergétique à long terme** d’un aérogénérateur pour différentes vitesses de vent constitue la plus fiable des estimations.

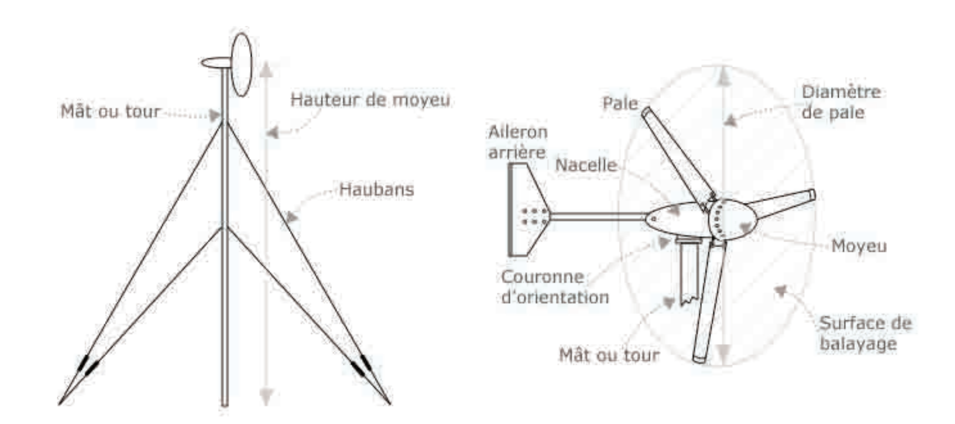
La maintenance d’une éolienne est importante, mais consiste principalement à **détecter et corriger rapidement les défauts**, ainsi qu’à entretenir les batteries de la turbine.

Les aérogénérateurs ou éoliennes sont largement moins faciles d’accès en Afrique que les installations PV, mais une **fabrication locale** peut réduire le coût des turbines et les adapter aux conditions locales.

balayage des pales, c'est-à-dire la surface que décrivent les pales lors de leur rotation. Les éoliennes peuvent énormément différer en hauteur de moyeu et diamètre de pale.

La plupart des charges d'une station de radio peuvent être alimentées par des **microéoliennes** (avec un diamètre de rotor plus petit que 3 mètres et une puissance estimée de 50 W à 2 kW) et des **petites** éoliennes (avec un diamètre de rotor allant de 3 à 12 mètres et une puissance estimée de 2 kW à 40 kW).

Fabrication



ILL. 5.5
Une éolienne montée sur un mât ou une tour (à gauche), et une vue rapprochée d'une turbine (à droite).
Diagramme : auteur

Les turbines varient également en **solidité**. On appelle solidité d'une turbine le rapport entre la surface de balayage et la surface des pales elles-mêmes. Une hélice à haute solidité n'est habituellement pas utilisée dans le cadre d'une production énergétique. Des éoliennes à **axe vertical** (dans lesquelles les pales tournent autour d'un axe vertical) sont moins répandues que leurs homologues horizontaux et ne représentent actuellement pas une technologie adaptée dans le cas d'applications à petite échelle.

Les éoliennes fonctionnent grâce aux forces de **traînée** et de **portance**. Les forces de traînée s'exercent directement sur les pales, comme une main poussant

une porte. La portance est plus subtile : les pales ont une surface supérieure courbée, provoquant une différence en pression entre l'air situé au-dessous et au-dessus de cette surface lorsque le vent les traverse, comme une aile d'avion. La traînée est dirigée dans la direction du vent, tandis que la portance est dirigée perpendiculairement à celle-ci. La plupart des éoliennes qui sont utilisées pour la production électrique fonctionnent grâce à la force de portance.

Ressources naturelles

La production d'une éolienne est très sensible à la disponibilité des ressources naturelles. Lorsqu'on multiplie par deux l'irradiation solaire sur une installation PV, on obtient approximativement le double de la production électrique du système. Inversement, lorsqu'on double la vitesse du vent traversant une éolienne, l'énergie théorique produite sera *multipliée environ par huit*. Cela rend l'évaluation des ressources spécialement importante dans le cas des éoliennes : une erreur de 25 % lors de l'évaluation de la ressource éolienne peut signifier que l'éolienne fournira seulement la moitié de l'énergie prévue.

La variation de la vitesse du vent au cours d'une journée ou d'une année est également primordiale. Ce n'est pas une considération majeure lorsque les éoliennes sont connectées au réseau électrique public (comme elles le sont la plupart du temps en Europe). Cependant, ce paramètre est capital lorsque les éoliennes sont utilisées pour charger des batteries : plus variable est la vitesse du vent sur un site, plus la capacité de stockage nécessaire sera importante, et plus élevé sera le coût des batteries (cela est très important étant donné le coût élevé de remplacement des batteries, comme expliqué au **chapitre 4**). La variation de la vitesse du vent à long terme a également un effet déterminant sur le potentiel énergétique d'une éolienne sur un site (comme expliqué dans la section « Performances » ci-dessous).

La ressource éolienne (ou « régime éolien ») d'un site est très sensible aux conditions locales. La vitesse du vent dépend de la géographie, de l'altitude, du climat, et des obstacles physiques de la zone. La proximité de constructions et d'arbres

FAQ 5.2

Y a-t-il assez de vent dans ma région pour justifier l'installation d'une éolienne ?

Une mesure standard de la vitesse du vent est sa vitesse moyenne à 9 mètres du sol. En se basant sur cette mesure, des vents en deçà de 4 m/s (14 km/h) sont généralement trop faibles pour que des éoliennes soient rentables ; des vents de 4 à 5 m/s (14 à 18 km/h) rendent l'alternative éolienne digne d'être explorée, mais elle ne sera peut-être pas la meilleure option ; et des vents au-dessus de 5 m/s (18 km/h) font de cette technologie une option très intéressante.

La carte du vent de l'**annexe B.3** peut être utilisée pour estimer le potentiel éolien général dans les régions du continent africain. La carte indique que dans la plus grande partie de l'Afrique centrale (la RDC, le Cameroun et les zones adjacentes) les vents sont faibles, tout comme dans les régions situées au sud de l'Afrique de l'Ouest (incluant la Côte d'Ivoire, le Ghana et la majeure partie du Nigéria). Des vents de force modérée à importante se trouvent sur la côte Est de l'Afrique et particulièrement en Somalie, en Tanzanie et au Mozambique ; l'Afrique saharienne et certains pays du Sud-Ouest (comprenant la Namibie et l'Angola) sont également bien fournis en vent.

La carte des vents de l'**annexe B.3** ne prend pas en compte la géographie et la topographie locale, et une évaluation du vent doit être effectuée pour déterminer la vitesse et la direction du vent sur un site et sa variabilité au cours d'une journée et d'une année.

peut provoquer des turbulences qui diminuent la production d'une turbine et posent une contrainte sur ses composants mécaniques. La règle d'or est que le moyeu de la turbine doit être placé 9 mètres (30 pieds) au-dessus de n'importe quel obstacle se trouvant dans un rayon de 90 mètres (300 pieds) autour de la base de la tour de l'éolienne. Pour une tour possédant des haubans, une surface nette (avec un rayon équivalent à la moitié de la hauteur de la tour) est nécessaire au pied de la tour.

La façon la plus fiable d'estimer la ressource éolienne est un anémomètre monté sur un pied (voir l'illustration 5.6). Les anémomètres qu'on trouve dans le commerce sont relativement peu onéreux comparés au coût d'une éolienne, et des techniques modernes d'enregistrement de données rendent aisés l'analyse et l'archivage des éléments fournis par de tels dispositifs. Les anémomètres sont placés sur un pylône pour une durée allant de quelques mois jusqu'à un an pour mesurer l'amplitude et la variation de la vitesse du vent et des turbulences. Pour obtenir des résultats fiables, l'anémomètre devrait être placé au même endroit et à la même altitude que l'éolienne dont on envisage l'acquisition.

Des méthodes plus simples et moins coûteuses d'évaluation du vent comprennent l'observation de l'état des arbres de la zone, et la collecte de renseignements auprès des habitants locaux. Des données concernant le vent obtenues par les stations météorologiques peuvent également être consultées. Cependant, ces données peuvent être trompeuses, car les anémomètres sont souvent placés à 10 mètres au-dessus du sol, c'est-à-dire plus bas que la plupart des éoliennes ; de plus ces données sont parfois collectées à des endroits impropres à l'implantation de turbines, tels que les aéroports.

Performances

En plus de l'importance de la ressource éolienne, le paramètre déterminant les performances d'une éolienne est le diamètre de ses pales (parfois mesuré en termes de surface de balayage de l'éolienne). Plus la surface de balayage est grande, plus elle pourra convertir l'énergie éolienne en énergie électrique. Tout

autre paramètre étant semblable, si on double le diamètre d'une éolienne, on multiplie sa production énergétique par quatre.

Comme la production d'une turbine est très sensible à la vitesse du vent, elle est également proportionnelle à la hauteur de la turbine. Le coût d'installation et de maintenance d'une grande tour d'éolienne entraîne que pour les éoliennes de 1 kW ou moins, la hauteur de turbine recommandée sera de 20 à 25 mètres (60 à 80 pieds). Pour des turbines plus importantes, ou s'il existe des obstacles élevés dans la zone, une tour allant jusqu'à 35 mètres (120 pieds) de hauteur peut représenter un investissement intéressant. La hauteur d'une éolienne au-dessus du niveau de la mer a un petit effet négatif sur sa production, en raison de l'air plus fin aux altitudes élevées. Cet effet réduit la production de la turbine d'environ 5 % pour chaque tranche de 100 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Il faut interpréter avec soin les estimations énergétiques fournies par les revendeurs et les fabricants. Trois sortes d'estimations sont répandues (des exemples de chacune peuvent être trouvés dans l'exemple de feuille de calcul pour une éolienne, reproduit dans l'**annexe C**).



ILL. 5.6
Un anémomètre consistant en une pale rotative incorporée à un analyseur de données portable. Le système est placé sur un mât avec une girouette qui l'oriente vers le vent.
Photo : Richard Paul Russel Ltd

La puissance estimée ou puissance maximale. Il s’agit d’un nombre de Watts qui caractérise grossièrement la production énergétique de l’éolienne, comme « 800 W » ou « 1 kW » par exemple. La vitesse du vent utilisée pour effectuer cette estimation est souvent proche de la vitesse de vent optimale pour l’éolienne, une vitesse qui est rarement atteinte en pratique. La puissance estimée donne une vague idée de la production d’une éolienne en comparaison à d’autres, mais elle n’est en aucun cas une mesure précise de la production de l’éolienne sur le terrain.

La courbe de puissance. Il s’agit d’un graphique ou d’un tableau montrant la puissance estimée de la turbine pour certains niveaux de vitesse du vent. Elle présente l’avantage de montrer la puissance de l’éolienne pour des vitesses de vent réalistes. Cependant la courbe de puissance donne la production de l’éolienne pour des vitesses de vent constantes, et non à des vitesses moyennes. Si une courbe de puissance indique qu’une éolienne produira 500 W pour une vitesse de vent constante, la turbine pourra cependant produire 1000 W ou plus, en moyenne, sur un site avec une vitesse de vent moyenne de 6 m/s.

« Rien ne vous renseigne davantage sur le potentiel d’une éolienne que le diamètre du rotor. »

Paul Gipe, maître à penser américain dans le domaine des petites éoliennes

La production énergétique à long terme. Beaucoup de fabricants fournissent un tableau indiquant l’énergie que produira l’éolienne pendant une période d’un mois ou d’une année, pour un niveau de vitesses de vent moyennes (et non constantes). Ces données prennent en compte les écarts de vitesse du vent par rapport à la moyenne ; ce sont les plus fiables indicateurs de performance d’une éolienne. Elles peuvent être utilisées pour trouver la production énergétique quotidienne moyenne d’une éolienne (bien que celle-ci ne fournisse évidemment pas cette quantité moyenne chaque jour).

Les données énergétiques à long terme surestiment généralement l’énergie réelle produite par l’éolienne. Elles sont habituellement rectifiées de 10 % pour

prendre en compte les turbulences, la versatilité du produit et d'autres paramètres qui influent sur les performances. En général, les annonces du fabricant quant à la production des éoliennes doivent être utilisées avec prudence ; il n'est pas rare qu'il y ait une surestimation des performances de l'ordre de 20 % à 30 %. La production d'une éolienne peut être également estimée en utilisant le diamètre de pale de la turbine et la vitesse moyenne du vent sur un site (voir la FAQ 5.3 et l'**annexe B.4**).

Les pertes dans la turbine d'un générateur électrique sont habituellement prises en compte dans les estimations du fabricant. Cependant, il y a également des pertes dans le rectifieur (environ 3 % pour une éolienne de 48 V, mais aux alentours de 12 % pour une éolienne de 12 V). Les fiches techniques des éoliennes ne mettent pas toujours en évidence si ces pertes sont incluses dans les estimations fournies ; on peut recommander aux clients de prendre contact avec le fabricant pour obtenir plus d'informations à ce sujet. Tout comme pour les installations PV, d'autres pertes apparaissent au niveau des batteries, du convertisseur et des câbles de transmission. Ces pertes sont typiquement de 20 % à 30 %, mais elles peuvent s'avérer plus importantes pour les éoliennes qui se trouvent à une distance importante de l'endroit où l'électricité produite est utilisée (si l'éolienne se trouve sur une colline avoisinante, p. ex.).

La durée de vie utile d'une éolienne dépend de la vitesse et des turbulences du vent ainsi que de la présence de poussière ou de sable corrosif. Les pales d'une éolienne peuvent durer jusqu'à 10 ans dans de bonnes conditions, mais dans des conditions plus rudes, elles peuvent durer trois années, voire moins. Les autres composants de la nacelle, comprenant l'électronique, sont également vulnérables à l'usure. Les éoliennes légères avec des pointes de vitesse élevées auront plus de mal à se remettre de dégâts que des éoliennes plus lourdes avec des pointes de vitesse moins élevées. La pointe de vitesse d'une éolienne peut être calculée à partir de sa vitesse de rotation (ou RPM, paramètre généralement repris sur la fiche technique de l'éolienne) et de son diamètre. Les vitesses de pointe ne devraient idéalement pas dépasser 80 m/s.

Les caractéristiques suivantes doivent aussi être prises en compte pour apprécier la performance d’une éolienne :

La vitesse de démarrage. La vitesse à laquelle les pales immobiles s’enclencheront ; les pales sont déchargées lorsqu’elles ne sont pas connectées au générateur électrique.

FAQ 5.3

Quelle quantité d’énergie est produite par une éolienne ?

Une façon d’estimer la production énergétique d’une éolienne est d’utiliser les données du fabricant. Un autre moyen est d’utiliser la vitesse de vent moyenne du site et la surface de balayage de la turbine (qui équivaut environ à 0,8 fois le carré du diamètre d’une pale). Le tableau ci-dessous montre l’énergie maximale théorique par mètre carré de surface balayée à quatre vitesses de vent moyennes typiques. Cela renseigne sur la production énergétique annuelle et journalière (la production réelle variera fortement autour de la moyenne). Une petite éolienne très efficace peut être capable de convertir la moitié de la production théorique en énergie utilisable ; une turbine inefficace peut seulement en convertir un quart.

Vitesse du vent (m/s)	Production annuelle (kWh par an par m²)	Production journalière (kWh par jour par m²)
3	130	0,4
4	300	0,8
5	600	1,6
6	1 000	2,7

Par exemple, une turbine d’un diamètre de 1,5 m sur un site dont le vent a une vitesse de 4 m/s aurait une surface de balayage de 1,8 m² (0,8 x 1,5² = 1,8) et une production théorique de 540 kWh par an (1,8 x 300 = 540 ; le nombre 300 est tiré du tableau). Dans les mêmes conditions, une turbine de 3,5 m de diamètre (10 m² de surface de balayage) aurait une production théorique de 3.000 kWh par an. L’**annexe B.4** fournit des informations plus détaillées sur la façon d’évaluer la production moyenne théorique d’une éolienne.

Source pour les données : Hugh Piggott

La vitesse de production nominale. La vitesse du vent à laquelle l'éolienne commencera à générer de l'électricité.

La vitesse d'enroulement. La vitesse à laquelle les pales de l'éolienne sont détournées du vent pour éviter de l'endommager par vents forts.



ILL. 5.7
Une éolienne (avec un module PV additionnel) installée dans une ferme près de la ville sud-africaine de Badplaas. Photo : Solar Con Energy, Afrique du Sud

La vitesse maximale prévue. La vitesse au-delà de laquelle des dégâts pourraient intervenir sur la machine.

Maintenance

La maintenance pour les éoliennes est plus importante que pour les systèmes PV, en raison des parties mobiles de la turbine. La maintenance la plus efficace passe par une détection et une suppression des défauts dès leur apparition. La détection peut s'effectuer simplement en étant attentif au son émis par l'éolienne. La plupart des éoliennes modernes produisent un son apparenté à un léger sifflement ou un bourdonnement. Aussi un bruit strident est plutôt le signe que quelque chose ne fonctionne pas correctement. Plus un problème est détecté tôt, mieux l'éolienne pourra être réparée.

La maintenance de routine comprend la lubrification des parties mobiles, la vérification des boulons et des connexions électriques, la vérification de la tension dans les haubans, et l'examen de la corrosion des composants. Il n'est pas nécessaire d'effectuer ces démarches plus d'une fois par an. Les éoliennes comprenant des boîtes de vitesses demandent considérablement plus d'entretien que celles qui n'en ont pas, mais les boîtes de vitesses sont rares pour les éoliennes en dessous de 10 kW. La maintenance des batteries (voir **chapitre 7**) est en général l'aspect le plus chronophage de la maintenance d'un système éolien.

Normes

La Commission internationale de l'électronique (CIE) publie les normes pour la conception, la fabrication, la sécurité et les performances des éoliennes. Les normes pertinentes sont les normes IEC 61400-2, « Exigences de conception pour les petites éoliennes ». Ces normes sont appropriées depuis que des pays comme l'Angleterre ont introduit des centres de test indépendants pour les éoliennes de petite échelle. Cependant, la plupart des éoliennes vendues actuellement en Afrique n'ont pas été testées de façon indépendante ; toutefois la plupart sont de bonne qualité et l'estimation de leurs performances est crédible (pour autant

qu'on manipule ces estimations avec soin, comme expliqué précédemment dans ce chapitre).

Marché et politique

En Afrique, il y a moins de revendeurs d'éoliennes que de PV. L'avantage des éoliennes est que la plupart des composants – à l'exception des aimants de certains dispositifs électroniques – peuvent être fabriqués et assemblés en Afrique. La production locale de petites éoliennes est en général moins onéreuse que les machines importées. Cela permet aux fabricants d'effectuer des modifications mineures pendant le processus de production, de façon à ce que les éoliennes correspondent parfaitement à leur utilisation finale et aux conditions dans lesquelles elles devront fonctionner. Par exemple, de grosses éoliennes avec de larges diamètres peuvent convenir pour des radios isolées dans des régions où la vitesse du vent est peut-être relativement faible, et où les éventuelles démarches de maintenance doivent être réduites au minimum.



ILL. 5.8
Un soudeur travaillant sur une partie d'éolienne dans un atelier au Mozambique. Les éoliennes peuvent être fabriquées localement en Afrique avec des matériaux locaux.
Photo : The Clean Energy Company

On peut fabriquer des éoliennes simples et durables de manière artisanale, avec des matériaux largement disponibles localement en Afrique. Cela rend également les machines plus faciles à réviser et à réparer. Cependant les éoliennes artisanales demandent plus de temps, d'enthousiasme, de connaissances en mécanique ainsi qu'un atelier bien équipé.

Énergie hydroélectrique

D'un coup d'œil

L'énergie hydroélectrique

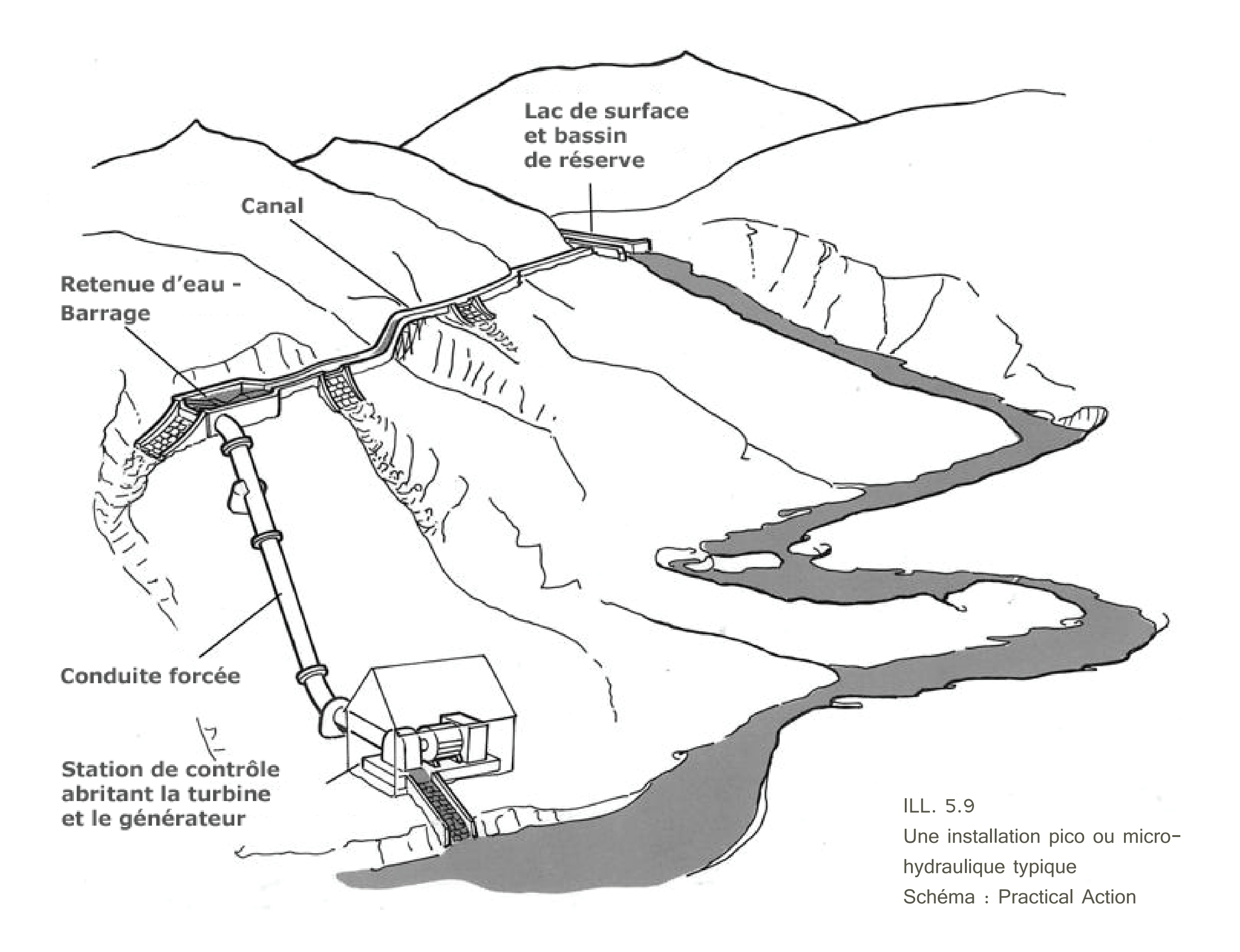
Les installations hydroélectriques convertissent en énergie électrique l'énergie cinétique d'eau en mouvement ou en chute.

En raison de leur **longue durée de vie** et de leur **production continue**, les installations hydroélectriques peuvent être très rentables sur le long terme.

L'énergie hydroélectrique requiert des **travaux de génie civil** considérables, supervisés par des professionnels expérimentés, et demande une **maintenance laborieuse et régulière**. Utiliser des **travailleurs et des matériaux locaux** peut réduire le coût d'un projet hydroélectrique.

Une **étude professionnelle du site et une évaluation hydrologique** sont essentielles : chaque site est différent des autres ; les installations hydroélectriques sont coûteuses à modifier une fois installées.

La puissance potentielle d'une installation hydroélectrique est déterminée par sa **hauteur de chute** (ou simplement hauteur en m) et son **débit** (en m^3/s). En raison des pertes mécaniques, la puissance réelle d'un tel système n'équivaut qu'à **50 % de sa puissance potentielle**.



ILL. 5.9
Une installation pico ou micro-hydraulique typique
Schéma : Practical Action

Conception

Les installations picohydrauliques sont des installations hydrauliques qui produisent de quelques centaines de watts à 5 kW ; il s'agit du type de stations hydroélectriques les plus appropriées pour de petites radios. Les installations microhydrauliques (de 5 kW à 100 kW) peuvent également être utilisées pour de grandes radios ou de petites communautés.

L'illustration 5.9 montre une installation picohydraulique ou microhydraulique typique. Un **lac de surface** et un **bassin de réserve** dirigent l'eau d'une rivière

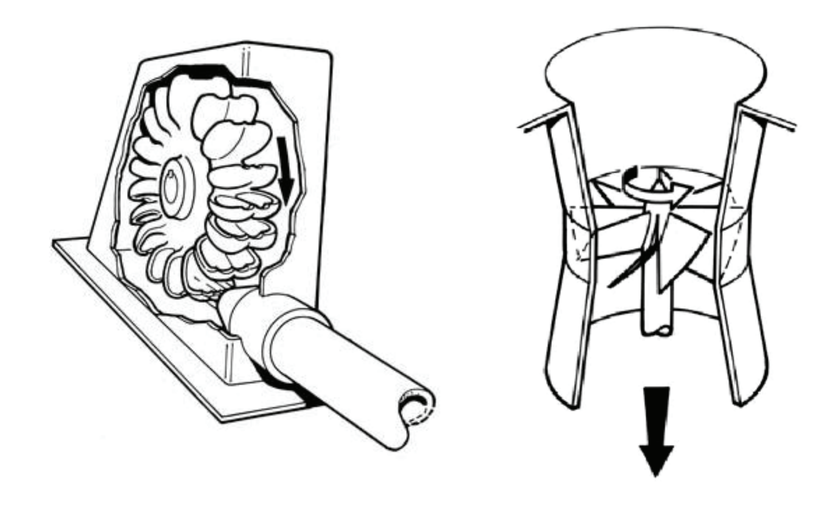
vers un **canal** artificiel. L'eau s'accumule dans une **retenue d'eau** pour être emmenée sous pression dans la **conduite forcée**, avant d'arriver dans la **turbine** et de rejoindre ensuite son chemin naturel. La turbine convertit l'énergie de l'eau en énergie rotationnelle d'un arbre mécanique. Comme pour les autres applications de production électrique, l'arbre mécanique entraîne un générateur électrique qui convertit l'énergie mécanique de l'arbre en courant AC (et plus rarement en courant DC). Dans les systèmes producteurs d'électricité, un **contrôleur de charge** est utilisé pour assurer la régularité du courant AC. Le contrôleur de charge ajoute ou soustrait une charge artificielle à la turbine pour compenser les variations de charge en provenance du flux de l'eau. Les contrôleurs de charge électroniques font partie de la norme actuelle ; ils sont plus efficaces et demandent moins d'entretien que les anciens contrôleurs hydrauliques. Une **charge de lissage** – comme un chauffage à eau, un chauffage à accumulation ou le chargement d'une batterie – est souvent utilisée pour absorber l'excédent d'énergie d'une turbine. Des batteries peuvent être utilisées pour stocker l'énergie de la turbine, mais cela est moins répandu pour les turbines hydrauliques que pour le PV ou les éoliennes, car les turbines hydrauliques ont une production énergétique plus conséquente.

La capacité d'une rivière ou d'un cours d'eau à produire de l'énergie hydraulique est déterminée par sa **hauteur de chute** et son **flux**. Le flux est le volume d'eau en mouvement (habituellement exprimé en m^3 par seconde) qui peut être prélevé sur le déversoir et emmené via la conduite forcée. La hauteur de chute est la distance verticale mesurée depuis la turbine jusqu'au point où l'eau pénètre dans la conduite forcée. **Les sites de basse chute** sont caractérisés par une petite variation d'altitude et, par opposition, un important flux d'eau. **Les sites de haute chute** sont observés dans des régions escarpées dans lesquelles une petite quantité d'eau subit une importante chute verticale.

Les principaux types de turbine sont les turbines à **impulsion** et les turbines à **réaction**. Les turbines à impulsion dirigent un jet d'eau vers un ensemble de pales ou de seaux qui tournent librement dans l'air. Par opposition, les pales d'une turbine à réaction sont complètement immergées dans l'eau. Les turbines à

réaction sont habituellement utilisées sur des sites de basse chute, et les turbines à impulsion sur les sites à haute chute.

Les **turbines de rivière** sont des turbines hydrauliques qui sont directement immergées dans une rivière ou un cours d'eau. Comme elles ne dépendent pas d'un canal artificiel ou d'une conduite forcée, les turbines de rivière ne requièrent pas d'importants travaux de génie civil qui vont de pair avec les systèmes hydroélectriques classiques. Cependant, elles sont moins efficaces et ont une durée de vie plus réduite en raison des contraintes du système aquatique naturel difficile à contrôler. Les turbines de rivière sont apparues assez récemment, et il est plus difficile de s'en procurer que de trouver les turbines hydrauliques classiques, mais elles représentent une technologie prometteuse qui commence à susciter un intérêt commercial.



ILL. 5.10
Deux types de turbines hydrauliques : une turbine à impulsion (à gauche) et une turbine à réaction (à droite). Schéma : Practical Action

Ressources naturelles

Une évaluation des ressources est particulièrement importante dans le cas des systèmes hydroélectriques, car ils ne sont pas aménageables. Pour accroître la production d'un système hydroélectrique, il est nécessaire de mettre à niveau la conduite forcée et les travaux de génie civil, ce qui est plus cher et difficile à

accomplir que l'ajout d'un nouveau module sur une installation PV ou de dresser une nouvelle éolienne. Grâce à une maintenance adéquate, un système hydroélectrique est conçu pour fonctionner jusqu'à 50 ans, aussi vaut-il donc la peine d'installer le meilleur système dès le début.

Les évaluations des ressources sont plus complexes et coûteuses pour l'énergie hydraulique que pour l'éolien et le PV. Les données hydrologiques – des données concernant la pluviométrie annuelle et donc le flux – peuvent généralement être obtenues auprès du département de la météorologie ou de l'irrigation dirigé par les autorités locales ou nationales. Cependant une étude professionnelle du site devrait être menée pour déterminer la hauteur de chute et le flux de l'alimentation hydraulique du site. Une étude du site fournit une estimation de l'énergie que peut produire une turbine, et aide également à sélectionner le type ainsi que la taille de la turbine à utiliser. Les variations saisonnières du flux doivent être prises en compte ; dès lors, les données concernant le flux devraient être rassemblées couvrant une période d'une année minimum, lorsque cela est possible. Les systèmes picohydrauliques (de moins de 5 kW) ne nécessitent pas une évaluation aussi poussée.

D'autres aspects du site à étudier sont la facilité avec laquelle la conduite forcée peut être installée, et la distance entre l'endroit d'utilisation de l'électricité et l'endroit où la turbine sera installée (des transmissions électriques à longue distance provoquent des pertes électriques et peuvent requérir de l'équipement de transmission onéreux tel un transformateur). L'intérêt de la population locale résidant en amont ou en aval de l'installation devrait également être pris en compte, ainsi que les effets écologiques relatifs à la déviation de l'eau hors de son lit naturel.

Performances

La puissance potentielle d'un site hydroélectrique peut être calculée en utilisant la formule suivante :



ILL. 5.11
La rivière et le lac de surface d'une installation microhydraulique au Kenya. L'eau qui entre dans le canal dans le coin inférieur gauche de la photo produit environ 18 kW d'électricité, ce qui suffit pour alimenter 200 ménages de la région.
Photo : Practical Action

Puissance potentielle [kW] = flux [m^3/s] x hauteur de chute [m] x g

g est une constante d'une valeur de 9,81 m^2/s. Par exemple, une rivière avec un flux de 0,16 m^3/s et une hauteur de chute de 10 m aura une puissance potentielle de 15,7 kW (10 x 0,16 x 9,81 = 15,7).

La puissance potentielle doit être rectifiée de 50 % pour prendre en compte les pertes par frottement dans la conduite forcée et l'inefficacité de la turbine (les petites turbines hydrauliques ont rarement une efficacité dépassant les 80 %). Cela ne prend pas en compte les pertes dans les batteries et le convertisseur (s'ils sont utilisés). Il peut également y avoir des pertes non négligeables en raison des câbles de transmission, si la turbine se trouve à une grande distance du lieu où l'électricité est utilisée.

Les installations hydroélectriques peuvent générer une grande quantité d'énergie par jour même si elles fonctionnent à basse puissance, car elles fournissent de l'énergie en continu. Par exemple, un système hydroélectrique de 125 W peut générer 3 kWh par jour. Au contraire, un module PV de 125 Wc ne produira probablement pas plus de 900 W (0,9 kW) par jour, même au milieu de l'été dans une région chaude d'Afrique.

Les turbines hydrauliques, comme les éoliennes, possèdent une **courbe de puissance** qui décrit la production de la machine pour différents niveaux de ressource naturelle. La différence est que les courbes de puissance hydraulique dépendent de deux variables (la hauteur de chute et le flux) au lieu d'une (la vitesse du vent pour l'éolienne p. ex.). De plus, la faible variation journalière du flux d'eau ne provoque pas de grands écarts entre la production énergétique à flux moyen et à flux constant (ainsi que souligné dans la section concernant les éoliennes : cet écart est important dans leur cas). Cependant, les variations saisonnières du flux de l'eau doivent être prises en compte lorsqu'on évalue la production énergétique d'une turbine hydraulique.

Comme pour les éoliennes, il n'existe pas de norme quant au calcul de la courbe de puissance d'une turbine hydraulique. Comme indiqué plus haut, les pertes dans les aménagements de génie civil et la turbine s'élèvent à 50 % de la puissance théorique de l'installation, il est donc conseillé aux clients d'interroger les revendeurs de turbine à propos des pertes qui sont ou non prises en compte par la courbe de puissance. La puissance estimée d'une turbine, pour une hauteur de chute et un flux donnés, ne devrait pas s'élever à plus de 80 % de sa puissance potentielle (comme démontré grâce à la formule ci-dessus).

En cas de maintenance et de conditions environnementales idéales, un système hydroélectrique de haute qualité – comprenant une turbine, des lignes de transmission et les travaux de génie civil – a une espérance de vie jusqu'à 50 ans. Cependant, 30 années sont plus réalistes. Il vaut mieux d'ailleurs prévoir un remplacement plus fréquent de certains composants, en particulier les roulements de la turbine (environ après 10 ans).

Le coût de la technologie hydraulique peut être minimisé grâce aux précautions suivantes quand elles peuvent être d'application :

Utiliser des conduites forcées en HDPE (plastique).

Utiliser des infrastructures existantes, comme un canal qui alimente un système d'irrigation.

Utiliser des pompes comme turbines (PCT). Dans certaines circonstances, des pompes standard peuvent être utilisées « à l'envers » et servir comme turbines. Cela réduit les coûts, le temps de livraison et facilite l'installation et la maintenance.

Utiliser des moteurs comme générateurs. Comme pour l'idée des PCT, des moteurs peuvent être utilisés « à l'envers » et servir de générateur électrique. Les pompes sont généralement vendues avec un moteur équipé et l'ensemble peut être utilisé comme une turbine/générateur.

Maintenance

La maintenance d'installations hydroélectriques consiste principalement à l'inspection du canal et de la conduite forcée pour en enlever les débris. Il peut s'avérer nécessaire d'effectuer ces inspections jusqu'à une fois par semaine, en fonction des conditions locales. Par exemple, certaines rivières deviennent envasées et remplies de sable après des pluies importantes ; elles demandent dès lors un nettoyage minutieux de la conduite forcée et du canal. La turbine devrait être examinée annuellement par un technicien qualifié pour s'assurer qu'elle fonctionne correctement. Plus vite sont détectés et réparés les défauts de la turbine, plus longtemps elle fonctionnera.

Marché et politique

Le coût d'une installation hydroélectrique peut être réduit en utilisant le plus possible les ressources locales. La main-d'œuvre communautaire et les matériaux

locaux peuvent être utilisés pour les travaux de génie civil. Utiliser des pompes comme turbines, comme décrit plus haut, peut également réduire les coûts. Comme les pompes à eau centrifuges peuvent habituellement être trouvées sur le marché local, cette solution permet d’éviter les taxes d’importation ; de plus, les pompes étant familières pour les techniciens en pompe et moteur, elles peuvent être entretenues localement si des problèmes se présentent. Les pompes reconverties sont en général moins efficaces que des turbines hydrauliques conçues à cet effet, mais dans certains cas elles peuvent se révéler être la meilleure option. De même, les moteurs peuvent être utilisés « à l’envers » comme générateurs ; les pompes sont généralement vendues avec un moteur équipé et l’ensemble peut être utilisé comme une turbine/générateur. Les installations hydroélectriques sont un investissement à long terme, et des professionnels expérimentés devraient être consultés à chaque étape du projet, depuis l’étude du site jusqu’à la planification de la maintenance.

Technologies émergentes

L’éolien, le solaire et l’hydraulique sont des technologies ayant fait leurs preuves, qui ont été utilisées avec succès pour produire de l’électricité sur des sites appropriés d’Afrique et du monde entier. Nous allons pourtant consacrer la section suivante pour présenter trois technologies prometteuses. Elles ont déjà été mises en œuvre dans des programmes pilotes, mais elles n’ont pas encore été éprouvées à large échelle. Dans le futur, elles pourraient prendre plus d’ampleur parmi les sources d’électricité renouvelables, en particulier pour couvrir les besoins énergétiques de radios.

Énergie animale

Les systèmes à puissance animale consistent en un générateur électrique alimenté par un animal (habituellement une vache, un taureau, un bœuf ou un cheval). L’animal est harnaché à un bras métallique qui entraîne un jeu d’engrenages fixés dans un châssis. Un convertisseur convertit le mouvement des engrenages en électricité AC, qui peut être utilisée directement dans la radio ou stockée dans des batteries.

D'un coup d'œil

L'énergie animale

Les systèmes à énergie animale utilisent le **mouvement des animaux** pour générer de l'électricité.

Les systèmes à énergie animale demandent **peu de maintenance** et conviennent pour les zones rurales qui n'ont pas d'accès immédiat à l'expertise ni l'équipement nécessaire pour des technologies plus complexes.

Contrairement aux autres sources d'énergie renouvelable comme le solaire ou l'éolien, la production de systèmes alimentés par des animaux **ne dépend pas directement du climat ou du contexte géographique du site,** mais bien de la disponibilité des animaux.

Contrairement à l'éolien ou au solaire, la production de systèmes alimentés par des animaux est prévisible et peut être constante durant l'année, en fonction de la disponibilité des animaux.

Le coût des animaux est plus ou moins important, selon que la station possède déjà des animaux ou pas, et si la traction animale est déjà exploitée pour d'autres usages dans la communauté. Il faut aussi prendre en compte les « coûts d'opportunité » : quels peuvent être les effets collatéraux – positifs ou négatifs – d'atteler à un nouveau service (la production d'énergie) des animaux rendant d'autres services à la communauté ?

Les coûts de maintenance de ce type de système sont bas. La principale préoccupation en termes de maintenance est de prendre soin des animaux (les nourrir, prendre en charge le coût de gardiens, etc.), en plus des vérifications régulières des composants mécaniques et des connexions électriques. La PETRA (Production d'Électricité par Traction Animale) est un système à énergie animale conçu pour les stations radio qui est testé actuellement en Afrique (voir l'**annexe D.2).**

D'un coup d'œil

Le biogaz

Le biogaz est le gaz produit par la **combustion de matière organique** – généralement du fumier ou des excréments – en l'absence d'oxygène.

Le biogaz peut être utilisé comme **substitut aux combustibles fossiles** dans les groupes électrogènes, mais ils doivent être traités préalablement pour en retirer les impuretés.

Le besoin de **collecter régulièrement de la matière organique** peut rendre les installations à biogaz très contraignantes en termes de maintenance en comparaison des autres TER.

Les grandes fermes animalières, les installations agricoles, les abattoirs et les places de marché peuvent constituer des sources potentielles de matériaux pour des installations à biogaz.

Le biogaz

Le biogaz est le gaz produit par la fermentation de matières organiques en l'absence d'oxygène. Une installation à biogaz peut convertir du lisier, de la matière végétale et des déchets de l'industrie agricole ou des abattoirs en gaz combustible, en général du méthane. Le cœur d'une installation à biogaz est le digesteur, un container dans lequel la fermentation aura lieu. Dans les installations de petite échelle, le digesteur est souvent placé sous le sol, grâce à l'utilisation de briques ou de ciment. La matière organique est placée dans le digesteur, et le biogaz s'en échappe sous forme de bulles et est récupéré au sommet du container.

Les biogaz peuvent être utilisés soit en combustion directe (dans des lampes ou des réchauds p. ex.) ou comme combustible pour générer de l'électricité. En théorie, la plupart des moteurs originellement à destination des voitures, des camions, des bateaux ou d'un usage fixe peuvent fonctionner avec du biogaz comme carburant. Les obstacles principaux pour la génération d'électricité au biogaz sont les impuretés contenues dans le gaz. En particulier, le soufre présent dans le gaz doit être maintenu au niveau le plus bas possible pour éviter les dégâts dans le groupe électrogène. Des techniques avancées de fermentation et de filtrage sont également nécessaires pour maximiser la quantité de méthane dans le gaz. Cependant, quand le biogaz est suffisamment pur, il est relativement aisé de l'utiliser pour produire de l'électricité – un groupe électrogène conçu pour du diesel, mais fonctionnant au biogaz pur ne requiert pas plus de savoir-faire ou d'efforts pour fonctionner et être entretenu que s'il fonctionne réellement au diesel.

L'électricité d'une installation au biogaz est aussi fiable que la ressource en matière organique est disponible. Rassembler cette matière et en approvisionner l'installation peut demander beaucoup de temps et d'énergie ; aussi le biogaz est-il plus adéquat pour les radios proches d'une source fiable des matériaux appropriés, comme une exploitation animalière, des abattoirs, des zones agricoles, ou des lieux communautaires comme des places de marché où les plantes et les déchets animaliers s'accumulent quotidiennement.

Certains voient dans les installations à biogaz – qui produisent du biogaz pour la combustion directe dans des réchauds ou des lampes – une solution prometteuse aux problèmes de pauvreté énergétique et de surexploitation des forêts. C'est ainsi qu'en 2010, des plans ont été élaborés pour introduire des dizaines de milliers d'installations au biogaz but en Ethiopie, au Rwanda et en Tanzanie (voir l'**annexe D.2**). En Afrique, comme dans d'autres pays en voie de développement, l'utilisation de biogaz pour produire de l'électricité est assez rare et limitée à quelques complexes pilotes. Par exemple, des projets pilotes sont en cours au Kenya afin d'observer si la production électrique par biogaz est ou non une solution viable pour les installations à grande échelle.

Huile de jatropha

D'un coup d'œil

L'huile de jatropha

L'huile de jatropha est extraite des **graines de la plante jatropha.**

Le jatropha peut être cultivé sur **n'importe quel type de sol**, (même ceux impropres aux cultures). En plus de produire de l'huile, le jatropha curcas endigue l'érosion du sol et peut être utilisé comme enclos pour le bétail.

Les groupes électrogènes ordinaires fonctionnant au diesel ne sont pas conçus pour être utilisés avec de l'huile de jatropha ; ils peuvent être modifiés par des professionnels pour fonctionner avec les deux carburants.

L'huile de jatropha est une **source de carburant prometteuse**, mais elle n'a pas encore été éprouvée à grande échelle en Afrique.

L'huile de jatropha est une huile végétale produite à partir des graines du *jatropha curcas*, une plante qui peut survivre à la sécheresse et peut pousser sur des terres en friche. L'huile de jatropha est une des nombreuses substances – comme le sucre de canne et l'huile de palme – qui ont potentiellement la capacité d'être utilisées comme carburant pour la production électrique.

Lorsque les graines de jatropha sont écrasées, l'huile qui en résulte peut être traitée pour produire un biodiesel de haute qualité pouvant être utilisé dans un groupe électrogène au diesel modifié. Le résidu de l'étape d'écrasement peut être traité pour être utilisé comme source de carburant pour les centrales électriques ou comme fertilisant.

L'avantage des plantes *jatropha curcas* est qu'elles peuvent pousser sur des terres en friche où d'autres espèces ne peuvent pousser. Elles sont également efficaces

pour empêcher l'érosion du sol et les feuilles mortes qui s'en détachent agissent comme un enrichisseur de sol. Ces plantes sont également toxiques pour les animaux (et les humains) et sont pour cette raison efficaces en tant que « clôture vivante » pour parquer des animaux. Un inconvénient est que les plantes jatropha puisent beaucoup d'eau dans le sol, et certaines personnes craignent qu'elles ne rentrent en conflit avec les cultures vivrières si elles sont utilisées à large échelle.

Les groupes électrogènes ordinaires ne sont pas conçus pour fonctionner à l'huile de jatropha. Les groupes électrogènes fabriqués spécifiquement pour une utilisation d'huile peuvent en revanche fonctionner au diesel, mais ils sont très coûteux et difficiles à obtenir en Afrique. Les groupes électrogènes au diesel peuvent être adaptés à l'huile de jatropha, mais via un processus complexe qui est effectué habituellement dans des centres spécialisés, peu nombreux, voire inexistants en Afrique. La reconversion de groupes électrogènes au diesel en groupes électrogènes à huile de jatropha par des amateurs n'est pas recommandée. L'huile de jatropha a gagné en popularité ces dernières années, et un certain nombre de sociétés étrangères ont investi dans des plantations de jatropha en Afrique et ailleurs, avec l'objectif de vendre leur huile en tant que carburant. Bien que l'huile de jatropha ait été utilisée avec succès en tant que carburant dans certaines situations en Afrique, elle n'a pas encore été éprouvée à large échelle.



ILL. 5.12
Un groupe électrogène conçu pour fonctionner à la fois au diesel et à l'huile de jatropha. D'ordinaire, les groupes électrogènes au diesel ne sont pas conçus pour fonctionner à l'huile de jatropha, mais ils peuvent être modifiés par des professionnels pour fonctionner avec les deux carburants. Image : Energiebau, CAMECO



Les groupes électrogènes

D'un coup d'œil

Les groupes électrogènes

Les groupes électrogènes sont constitués d'un **moteur à combustion** alimenté par un **combustible** sous forme gazeuse ou liquide, et un **générateur électrique**. Le carburant peut être du diesel, du pétrole, du propane, du biodiesel ou du biogaz.

Les groupes électrogènes sont une source très répandue d'énergie en Afrique en raison de leur **faible coût initial** et de leur capacité à produire de **l'énergie à la demande** (pour autant que du carburant soit disponible).

Les coûts d'achat du carburant, mais aussi la difficulté de s'en procurer et ses frais de transport rendent les groupes électrogènes **très chers à l'usage** en Afrique, en comparaison de la plupart des autres technologies à énergie renouvelable.

A charge basse, les groupes électrogènes ont tendance à consommer plus de carburant par kWh, c'est lorsqu'ils opèrent à faible puissance (moins de la moitié de la puissance estimée du groupe électrogène). C'est la raison principale des coûts de fonctionnement élevés des groupes électrogènes.

Les tâches relatives à la maintenance comprennent la vérification régulière de l'huile et du niveau des liquides de refroidissement, ainsi que le remplacement du filtre à huile. Les groupes électrogènes qui sont utilisés régulièrement devraient subir au moins une révision technique annuelle par un technicien professionnel.

Les groupes électrogènes, qui utilisent un moteur à combustion et un générateur électrique pour produire de l'électricité, constituent la source d'électricité la plus répandue (hors réseau électrique public) en Afrique, en majeure partie en raison de leur disponibilité sur le marché local, de leur coût d'achat abordable et de leur capacité à produire de l'électricité à la demande (pour autant que le carburant soit disponible). Cependant, leur coût de fonctionnement est très élevé en raison du prix du carburant. Une maintenance régulière et une utilisation appropriée peut aider à garder ces coûts le plus bas possible.

Conception

Les groupes électrogènes sont constitués d'un moteur à combustion interne, alimenté par du carburant sous forme gazeuse ou liquide, qui entraîne un générateur électrique. Le moteur convertit le carburant en énergie mécanique, et celle-ci est ensuite convertie en courant électrique AC. En termes mécaniques, on parle souvent de **tête de moteur** et de **bloc moteur**. Ce dernier est un bloc en métal contenant les cylindres du moteur. La tête de moteur se trouve au-dessus du bloc moteur et contrôle l'air et le combustible qui provoquent le mouvement des cylindres. Ci-dessous, nous présentons les principaux types de groupes électrogènes, classés par la quantité de carburant qu'ils utilisent.

Les groupes électrogènes au **diesel** sont plus chers que les groupes électrogènes au gasoil ou au pétrole, mais ont une plus grande durée de vie, ils permettent des économies significatives en carburant ; ils sont plus silencieux.

Les groupes électrogènes à **pétrole** (aussi appelés groupes électrogènes au gasoil) sont plus répandus en Afrique. Ils sont moins onéreux que les groupes électrogènes au diesel et sont de plus petite taille. Ils fonctionnent à plus grandes vitesses que les groupes électrogènes au diesel (la plupart du temps autour de 3 600 tours par minute). De ce fait, leur durée de vie est plus courte, et ils consomment plus de carburant. On limitera leur utilisation à l'alimentation d'une charge faible ou comme source énergétique de secours ; il convient de ne pas les utiliser plus de 400 à 600 heures par an.



ILL. 6.1
Un des deux groupes électrogènes au diesel d'une capacité de 70 kW de la Radio Pacis en Ouganda. Le chapitre 10 contient plus d'informations sur la Radio Pacis et son système énergétique.
Photo : CAMECO

ILL. 6.2
Un groupe électrogène portable de 3 kW (à gauche) et un générateur ouvert de 10 kW (à droite)
Photos : Yamaha, Lister Petter





Les groupes électrogènes au **propane** sont plus silencieux, plus propres et plus sécurisés que les machines au diesel et au pétrole. Ils conviennent pour l'utilisation dans un système hybride avec des panneaux solaires ou une éolienne ; ils ne sont pas la solution idéale comme source d'énergie unique.

Les groupes électrogènes au **biodiesel** fonctionnent sur base d'huiles végétales ou de graisses animales traitées. L'huile de jatropha est un carburant prometteur pour groupes électrogènes en Afrique (voir la section « technologies émergentes » du **chapitre 5** pour plus d'informations sur l'huile de jatropha).

Encadré 6.1

La plateforme multifonctionnelle – un groupe électrogène à tout faire

La plateforme multifonctionnelle (PMF) est un groupe électrogène conçu pour effectuer diverses tâches simultanées. L'énergie mécanique de la plateforme peut alimenter des broyeurs, des décortiqueuses et des pompes à eau ou être convertie en électricité pour l'éclairage, la réfrigération ou la charge de batteries. L'avantage de la PMF est qu'elle constitue une source d'énergie « tout en un ». Elle peut être facilement installée en milieu rural ; des membres de la communauté peuvent être aisément formés à sa manipulation et sa maintenance.

La PMF a été utilisée comme composant de programmes de développement au Ghana et au Mali. Dans de précédents programmes, des organisations communautaires – particulièrement des groupes de femmes – ont été encouragées à acheter une PMF pour leur village à un prix réduit. Les PMF ne sont pas disponibles dans le commerce et conviennent mieux pour des villages plutôt que pour des utilisateurs individuels comme les stations radio. Cependant, certaines stations radio pourraient tirer parti de PMF installées dans leur village, ou qui le seront dans le futur. En Afrique de l'Ouest, un certain nombre de radios locales se sont dotées de PMF pour leur énergie.

Les **biogaz** peuvent également être utilisés dans les groupes électrogènes, s'ils ont été traités pour en enlever les impuretés et en accroître la quantité de méthane (voir la section « technologies émergentes » du **chapitre 5** pour plus d'informations sur les biogaz).

Coût et performances

Les groupes électrogènes sont classés en fonction de leur production énergétique, de leur tension et de leur consommation en carburant. La tension est habituellement de 120 V ou de 240 V pour un courant alternatif. Les « petits » groupes électrogènes con- çus pour une utilisation hors réseau vont de 1 000 W à 10 kW. Les prix d'achat habi- tuels pour des groupes électrogènes au die- sel de ce type vont de 800 $ à 1000 $ par kW estimé. Le prix d'achat de groupes électrogènes au pétrole est environ moitié moindre que celui au diesel. Les estimations de puissance de groupes électrogènes sont généralement exprimées en voltampères (VA) plutôt qu'en watts (W), car la puissance réelle d'un groupe électrogène dépend d'un phénomène électrique appelé **facteur de puissance** (mentionné brièvement dans le **chapitre 1**). Le facteur de puissance exprime le fait que pour les charges AC, la puissance réelle d'un groupe électrogène est habituellement plus basse que la puissance apparente, d'un facteur allant de 0,7 à 0,8.

« Une faible efficacité à faible charge est le fléau d'un grand nombre de systèmes à générateur unique ».

NREL, « Energie renouvelable pour les écoles rurales »

L'efficacité du carburant des groupes électrogènes au diesel est habituellement de 2,5 à 3 kWh par litre lorsqu'ils fonctionnent à charge élevée. Cette efficacité décroît pour des charges plus basses ; de très faibles charges inférieures à 40 % de la puissance estimée peuvent endommager le groupe électrogène en plus d'en rendre l'utilisation inefficace. On retiendra comme règle d'or qu'un groupe électrogène ne devrait jamais fonctionner à moins de la moitié de sa puissance estimée ; plus importante sera sa puissance de fonctionnement, plus efficace sera le groupe électrogène. Autant que possible, les groupes électrogènes devraient être utilisés durant de courtes périodes à haute puissance, plutôt que de longues périodes à basse puissance.

La durée de vie d'un groupe électrogène dépend du type de groupe utilisé et de la régularité du remplacement de ses composants. Pour les groupes électrogènes

FAQ 6.1

Comment garder les coûts de carburant d'un groupe électrogène au plus bas ?

Ci-dessous, nous décrivons certains réflexes qui peuvent être intéressants pour les radios qui souhaiteraient réduire leurs coûts en carburant.

Utiliser les groupes électrogènes à haute puissance dès que possible – ils sont considérablement moins efficaces à basse puissance. Une option est d'utiliser le groupe électrogène pour charger des batteries. Malgré le coût initial des batteries, sur la durée cela peut s'avérer moins cher qu'utiliser un groupe électrogène à basse puissance pendant de longues périodes.

Attention : beaucoup de batteries (y compris la plupart des batteries solaires) ne sont pas conçues pour être chargées très rapidement par un groupe électrogène. Une bonne sélection de la batterie est importante lorsqu'on la charge avec un groupe électrogène.

Plusieurs petits groupes électrogènes sont préférables à un seul gros. En effet, en utilisant de petits groupes électrogènes, on peut alimenter des charges importantes en les combinant et des charges plus faibles simplement en éteignant une partie et en utilisant le reste à haute puissance. Au contraire, un groupe électrogène à charge fixe peut alimenter des charges importantes, mais peut seulement gérer les petites en tournant à basse puissance (et donc à moindre efficacité).

Si un groupe électrogène est utilisé comme groupe de secours, un petit groupe électrogène peut suffire s'il est uniquement utilisé pour alimenter les **charges critiques** (comme les ordinateurs et l'émetteur), en évitant de l'utiliser pour les charges non essentielles comme les climatiseurs.

Utiliser une TER pouvant charger des batteries aux moments où la charge totale de la station est faible, (p. ex. si l'éclairage est allumé la nuit après l'extinction de l'émetteur). Cela économisera de l'énergie en n'utilisant pas le groupe électrogène sur des faibles charges pour lesquelles le groupe électrogène est inefficace.

Prévoir une **formation** à la maintenance des groupes électrogènes pour un ou plusieurs membres de l'équipe, afin qu'ils puissent prendre en charge les tâches de maintenance quotidiennes et hebdomadaires.

Faire appel à un **professionnel** pour entretenir et réviser le groupe électrogène et en effectuer les réparations si nécessaire. Les gains en efficacité du carburant pourraient bien compenser les honoraires du mécanicien.

au diesel, la tête de moteur devrait être remplacée après 8 000 heures (p. ex. 3,5 ans s'il fonctionne 6 heures par jour), et le bloc moteur après 16 000 heures (c'est-à-dire 7 ans s'il fonctionne 6 heures par jour). La durée de vie de groupes électrogènes au pétrole est considérablement plus courte que celle des groupes électrogènes au diesel.

Maintenance

Les groupes électrogènes requièrent une maintenance plus régulière que les batteries et les technologies à énergie renouvelable, bien que les procédures de maintenance soient moindres si les groupes électrogènes sont utilisés comme support et non comme source d'énergie principale. Pour les groupes électrogènes utilisés comme source principale, le carburant, l'huile et les liquides de refroidissement devraient être vérifiés quotidiennement pour éviter les fuites. Les niveaux d'huile et de liquide de refroidissement devraient être vérifiés de façon hebdomadaire. Le groupe électrogène devrait être intégralement examiné par un professionnel tous les mois, semestres ou années (selon la fréquence d'utilisation du groupe électrogène). Pour terminer, l'huile de moteur et le filtre à huile devraient être changés environ toutes les 1 000 heures de fonctionnement (p. ex. tous les 6 mois s'il fonctionne 6 heures par jour).

Stockage et régulation électrique



Pour que l'électricité produite par les technologies génératrices d'énergie soit utile et fiable, il est généralement nécessaire de la stocker et de la réguler. Le stockage est nécessaire, car le moment où la source énergétique produit de l'électricité ne coïncide pas nécessairement avec les périodes durant lesquelles la radio a besoin de courant électrique. Les batteries conservent l'énergie collectée ou produite par la ressource naturelle (ou par le réseau public quand il est disponible). Stockée dans des batteries, l'utilisateur peut alors utiliser l'électricité quand il en a besoin. Les convertisseurs et les contrôleurs de charge, quant à eux, rectifient l'énergie électrique qui entre ou sort de la batterie ; ils garantissent que l'électricité stockée et utilisée dans les charges électriques corresponde aux besoins en qualité et quantité. Utiliser une régulation électrique permet de se prémunir contre les pannes électriques et les fluctuations du courant qui représentent un problème important en Afrique. La régulation aide également à la gestion des charges critiques – les charges qui ont le plus besoin d'électricité continue et de haute qualité – et à protéger ces charges des pertes énergétiques se produisant inévitablement dans le système. Ce chapitre passe en revue certains équipements et suggère des stratégies utiles aux radios pour protéger l'équipement et faire la meilleure utilisation possible du réseau électrique public.

Batteries

Conception

Les batteries convertissent l'énergie chimique de leurs matériaux actifs en énergie électrique qui circule à leurs bornes sous forme de courant DC. Une batterie typique plomb-acide est composée d'une série d'accumulateurs (voir ILL. 7.1). Chaque accumulateur contient un ensemble de **plaques** positives et négatives

D’un coup d’œil

Les batteries

Les batteries sont utilisées pour **stocker,** mais aussi pour **réguler** l’énergie, car elles fournissent un courant relativement stable.

Les batteries sont le point faible des systèmes énergétiques qui y recourent, mais correctement dimensionnées et entretenues, elles seront un plus pour l’installation.

Les batteries sont classées en fonction de leur **tension (V)** et de leur **capacité (A/h)**. Les ampères-heures peuvent être multipliés par la tension de la batterie pour donner sa capacité en kWh.

Les batteries plomb-acide à décharge complète, au gel ou liquide, représentent la meilleure option pour une utilisation régulière sur des systèmes autonomes, non connectés au réseau électrique public. Les batteries liquides demandent plus de maintenance que les batteries au gel, mais elles supportent mieux les températures élevées ; par contre elles peuvent provoquer d’éventuelles imprécisions au niveau du contrôle de charge.

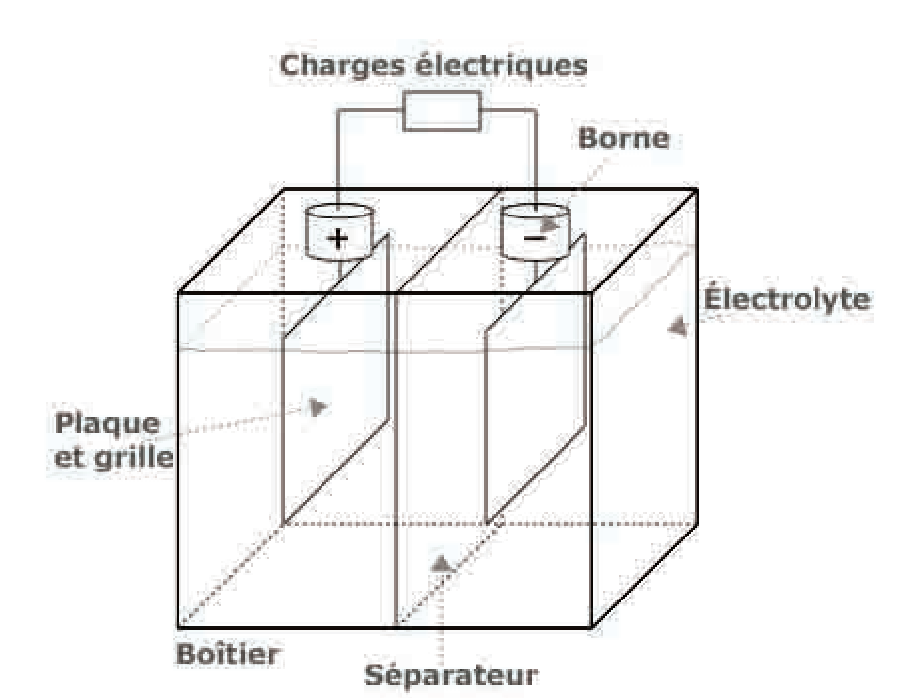
Le dimensionnement des batteries nécessaire pour une installation donnée dépend de la fiabilité de la source énergétique. Une règle d’or est que les batteries doivent être capables de stocker **cinq fois** l’énergie dont une radio peut avoir besoin quotidiennement. Cela donne deux à trois jours de marge, et préserve les accumulateurs d’une décharge de plus de 50 %.

Un bon dimensionnement et une utilisation appropriée assurent que les batteries ne soient pas surchargées (la surcharge entraîne une gazéification) ou sous-chargées (la sous-charge entraîne une sulfatation et une stratification).

Une maintenance régulière aide à éviter d’avoir des batteries hors d’usage (quand un accumulateur défectueux compromet tous les autres) et un bas niveau d’électrolyte (provoquant la sulfatation).

En prenant soin des batteries, on peut également ralentir la corrosion et le déchargement automatique.

(appelées également **électrodes**) espacées par des **séparateurs** et immergées dans une solution acide (appelée également **électrolyte**). Les plaques sont fixées par une grille de matériau inactif qui maintient le matériau actif. Chaque accumulateur est inséré dans un boîtier en caoutchouc ou en plastique. Les deux **matériaux actifs** de la batterie sont la pâte située sur la surface des plaques et le produit chimique (habituellement de l'acide sulfurique) qui se trouve dans l'électrolyte.



ILL. 7.1
Une batterie simple. Il s'agit d'une cellule liquide, c'est-à-dire qu'elle contient un électrolyte à l'état liquide. Des accumulateurs à électrolyte non liquide existent, mais ils fonctionnent sur le même principe que les liquides (voir la section « batterie à électrolyte captif » ci-contre). Schéma : auteur

Lorsque la batterie est connectée à une charge, l'acide sulfurique réagit avec les plaques pour amener l'électricité vers la charge. Cette réaction provoque une conversion d'une partie de l'acide sulfurique en sulfate solide, qui s'accumule sur les plaques de la batterie ; la batterie devient alors **déchargée**. Quand une batterie est **en charge**, le processus inverse s'opère, et le sulfate se transforme en acide sulfurique. L'état de charge d'une batterie est déterminé par la quantité d'acide sulfurique qui n'a pas encore été convertie en sulfate. La capacité d'une batterie est déterminée par la quantité de matériau actif qu'elle contient. Une

gazéification se produit lorsque la batterie continue à être chargée quand tout le sulfate a été converti en acide sulfurique, provoquant l'émission d'hydrogène et d'oxygène gazeux. Une décharge automatique se produit dans une batterie, même lorsqu'elle n'est pas raccordée à une charge électrique.

Les batteries se différencient par le type de réactifs chimiques qu'elles utilisent sur les plaques et dans l'électrolyte, le nombre et la solidité de leurs plaques et si elles sont ou non scellées. Ces paramètres déterminent le niveau de décharge qu'elles peuvent atteindre (leur **performance de décharge complète**), leur tolérance à la surcharge et à la sous-charge, le taux de **décharge automatique**, et la quantité de maintenance qu'elles requièrent.

Voici une liste des principaux types de batteries qui peuvent être utilisées pour une application dans une station radio :

La batterie plomb-acide liquide, à décharge complète. Cette batterie possède un électrolyte liquide, et de fines plaques composées de plomb et d'antimoine, ce qui les rend robustes à haute température et leur procure de bonnes performances de décharge complète. L'inconvénient est qu'elles ont un taux de décharge automatique élevé et sont sujettes à la gazéification ; pour cette raison, elles demandent une maintenance régulière (incluant un accès à de l'eau distillée ou à de l'eau de pluie pure). Les accumulateurs liquides sont également appelés accumulateurs humides ou ventilés (car l'électrolyte et les gaz peuvent s'échapper à travers les ouvertures d'aération du boîtier de la batterie).

La batterie à électrolyte captif. Dans ces batteries, l'électrolyte est maintenu immobile d'une façon ou d'une autre, et la batterie est scellée. Les deux principales catégories sont les batteries au gel et les batteries AGM (pour « Absorbed Glass Mat » en anglais). On les présente souvent comme des batteries ne demandant aucune maintenance. L'inconvénient est qu'étant scellées, il n'est pas possible de rajouter de l'électrolyte si une gazéification se produit. Elles ne devraient pas être utilisées sans un contrôleur de charge de bonne qualité, qui inclut une gestion des variations de température. Elles ont une durée de vie plus

courte que des batteries liquides bien entretenues, mais plus longue si au contraire ces dernières ne sont pas bien entretenues. Ces batteries sont également connues sous le nom de batteries scellées ou VLRA (pour « Valve Regulated Lead Acid » en anglais, c'est-à-dire des batteries possédant des valves qui s'ouvrent si la pression des gaz issus de la gazéification devient trop importante).

La batterie SLI (pour « **Starting, Lighting and Ignition** » en anglais). Les batteries SLI, telles celles des voitures, sont conçues pour prodiguer un courant très important durant une courte durée, et ont de piètres performances de décharge complète. Elles sont moins chères que les batteries à décharge complète, particulièrement dans les pays en voie de développement, mais elles ont une durée de vie moins grande lorsqu'elles sont utilisées avec un groupe électrogène ou une TER.

La batterie stationnaire. On retrouve ce type de batteries dans des systèmes ASI (alimentation sans interruption ou UPS). Elles sont conçues pour une utilisation irrégulière et demandent peu de maintenance. Elles contiennent des plaques composées de plomb et de calcium, qui limitent la gazéification au minimum et donnent un faible taux de décharge automatique. Cependant, elles fonctionneront mal si elles sont déchargées de façon répétée à plus de 25 %.

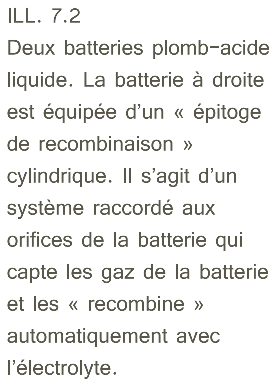
Performances

Les batteries sont classées en fonction de leur tension et de leur capacité.

La **tension** est une mesure du taux auquel une batterie peut fournir de l'énergie à une charge. La tension nominale d'un simple accumulateur plomb-acide est de 2 V. On accroît la tension en connectant les accumulateurs en série. Par exemple, une batterie plomb-acide de 24 V est composée de 12 accumulateurs plomb-acide, connectés en série. La tension d'une batterie varie en fonction de son état de charge et du type du courant avec lequel elle est chargée.

La **capacité** est une mesure de la quantité de charges qu'une batterie contient ; elle est généralement mesurée en Amp-heure (Ah). Un Ah est une charge suffisante pour fournir du courant de 1 Amp pendant 1 heure. Par exemple, une





ILL. 7.2
Deux batteries plomb-acide liquide. La batterie à droite est équipée d'un « épitoge de recombinaison » cylindrique. Il s'agit d'un système raccordé aux orifices de la batterie qui capte les gaz de la batterie et les « recombine » automatiquement avec l'électrolyte.
Photo : CAMECO



ILL. 7.3
Une batterie à électrolyte captif. Contrairement aux batteries liquides et ventilées, les batteries à électrolyte captif sont scellées et ne contiennent pas d'électrolyte à l'état liquide.
Photo : CAMECO

batterie évaluée à 500 Ah peut fournir un courant de 5 A pendant 100 heures, 50 A pendant 10 heures, et ainsi de suite. L'Amp-heure n'est pas une mesure de l'énergie d'une batterie (voir la FAQ 7.1 qui montre comment convertir des Amp-heures en watts ou kilowatts). Les batteries qui sont déchargées lentement produisent globalement plus d'énergie que les batteries qui sont déchargées rapidement. La capacité des batteries dépend également de l'âge de la batterie ; une batterie en fin de durée de vie estimée possède environ 80 % de sa capacité initiale.

La capacité de batterie nécessaire à une station dépend de la fiabilité de la source d'énergie utilisée : plus la fréquence et la durée des coupures de la source d'énergie sont importantes, plus il sera nécessaire de stocker une grande quantité

d'énergie. Pour un système basé sur une TER, la capacité d'une batterie devra être d'environ **cinq fois** la quantité d'énergie qui doit être prélevée des batteries quotidiennement.

Il y a trois raisons d'utiliser un facteur de perte de cette importance.

La quantité de décharge maximale. Les batteries à décharge complète classiques ne doivent pas être déchargées de plus de 20 % à 30 % de leur capacité de façon régulière, avec des décharges occasionnelles jusqu'à 50 %.

L'énergie de secours. Les stations qui reposent fortement sur des sources renouvelables telles que le soleil ou le vent devraient idéalement stocker deux ou trois jours d'énergie en cas de longues périodes sans vent ou sans soleil.

L'efficacité de charge. Le processus de stockage en batterie est inefficace : une partie de l'énergie fournie à la batterie est perdue sous forme d'émission de chaleur. Pour des batteries scellées plomb-acide, environ 5 % à 10 % de l'énergie est perdue. Pour des batteries liquides, ce nombre est un peu plus élevé, et atteint environ 15 % à 20 %.

La FAQ 7.1 décrit la façon de calculer la capacité de stockage en batteries requise une fois que la production énergétique nécessaire est connue.

La durée de vie d'une batterie est exprimée en termes de cycles ou d'années avant que la capacité et la tension de la batterie ne descendent en dessous d'un certain pourcentage de leur niveau initial. Les cycles représentent l'énergie cumulée circulant dans la batterie : par exemple, décharger une batterie cinq fois de 20 % équivaut à effectuer un cycle.

La durée de vie de flottement est la durée de vie d'une batterie connectée à un système dans le cas où elle n'est (presque) jamais utilisée. La durée de vie de flottement n'est pas une bonne mesure pour les batteries utilisées avec des TER, car elles seront fréquemment déchargées.

FAQ 7.1

Quelle capacité de stockage en batteries pour répondre aux besoins de ma radio ?

La formule suivante peut être utilisée pour calculer la capacité de stockage nécessaire à la radio, une fois connue la production quotidienne de la batterie.

Capacité [Wh] = production quotidienne de la batterie [Wh] x jours d’autonomie [jours] / (niveau de décharge maximale x efficacité de la décharge)

Le **niveau de décharge maximale** est une fraction qui exprime la quantité de décharge sans risque de la batterie. La valeur est approximativement de 0,5 ; cela veut dire que les batteries ne devraient pas être déchargées de plus de 50 %.

L’**efficacité de la décharge** exprime la quantité d’énergie émise par la batterie par rapport à la quantité qui lui est fournie. Elle oscille généralement entre 0,7 et 0,9 : c’est-à-dire que les batteries restituent de 70 % à 90 % de l’énergie qui leur est fournie.

Pour les systèmes à TER, la capacité de la batterie devrait être d’environ cinq fois supérieure à l’énergie qu’on compte puiser dans les batteries quotidiennement. Par exemple, si une radio prévoit de prélever 5 KWh par jour, une capacité de stockage d’environ 25 kWh est nécessaire.

La formule suivante convertit les kWh en Amp-heures pour la sélection d’une batterie :

$$C = E/V$$

E représente l’énergie de la batterie (en watts), V est la tension nominale de la batterie (en volts), et C en est la capacité (en Amp-heures). V équivaut généralement à 24 V ou 48 V. Par exemple, un système de 24 V avec une capacité de 25 kWh correspond à une capacité totale de 1040 Amp-heures (25.000 W / 24 V).

La durée de vie d'une batterie dépend du type de batteries utilisé, de la température, de la fréquence et l'amplitude des décharges, de l'état de charge moyen et des méthodes de charge. Les batteries liquides à décharge complète peuvent durer jusqu'à 10 ans, si elles sont d'excellente qualité et bien entretenues. Cependant, leur durée de vie est réduite considérablement si elles sont mal entretenues ou mal utilisées. Les batteries sont extrêmement sensibles à la température : une règle d'or ici est que leur durée de vie de flottement est réduite de moitié chaque fois que la température ambiante moyenne s'élève de 10° C.

Une autre considération importante est que les batteries (de manière moindre que les groupes électrogènes ou le réseau électrique public) peuvent rencontrer des problèmes au démarrage de dispositifs producteurs de chaleur à haute puissance tels que les fours à micro-ondes, les fours, les pompes à eau ou les fers à repasser. Si on utilise des climatiseurs, il est à recommander de prévoir sa fourniture électrique avec un groupe électrogène ou le réseau public.



ILL. 7.4
Le parc de batteries de la Radio Pacis en Ouganda (voir le chapitre 10 pour plus de détails concernant la Radio Pacis). Ce parc de batteries est l'assemblage de 200 accumulateurs, chacun d'eux délivrant 2 V et 25 Ah, pour donner un total de 50 kAh.
Photo : CAMECO

FAQ 7.2

Quelles sont les principales causes de pannes de batterie et comment les éviter ?

Décharge importante. Chaque fois qu'une batterie est trop déchargée, certains matériaux actifs tombent des plaques et s'enfoncent dans le bas du boîtier de la batterie, la rendant plus fragile.

Solution. Dimensionner la batterie et la source électrique correctement et utiliser le contrôleur de charge approprié.

Sous-charge. Le sulfate reste sur les plaques de la batterie lorsqu'elle n'est pas complètement chargée. Au fil du temps, ce sulfate durcit et ne peut plus être enlevé durant la décharge. D'autre part, des gaz peuvent occasionnellement se mélanger à l'électrolyte et arrêter la stratification (la formation d'acide au fond de la batterie).

Solution. Dimensionner la batterie et la source électrique correctement et utiliser le contrôleur de charge adéquat. Ne pas déconnecter les batteries du chargeur tant que la batterie est en état de décharge. Vérifier l'état de charge de la batterie durant les jours critiques et les périodes de basse puissance. Appliquer une charge d'égalisation quelques fois par an (voir la section sur les contrôleurs de charge ci-dessous).

Gazéification excessive. Une gazéification est bonne pour la batterie. Mais en trop grande proportion, la gazéification détache le matériau actif des plaques, réduisant la durée de vie du système.

Solution. Dimensionner la batterie et la source électrique correctement ; utiliser le contrôleur de charge adéquat (voir la section sur les contrôleurs de charge ci-dessous).

Bas niveau d'électrolyte. Une quantité de sulfate plus importante se forme sur les plaques si elles sont exposées à l'air. Si le niveau d'électrolyte reste trop bas, le sulfate peut se durcir et devenir impossible à enlever en chargeant la batterie.

Solution. Recouvrir les cellules avec de l'eau (pas de l'acide) lorsque le niveau d'électrolyte diminue. Cela ne devrait pas être effectué lorsque les accumulateurs sont déchargés : le niveau d'électrolyte baisse toujours un peu lorsque les accumulateurs sont déchargés.

Charge mal répartie. Si les accumulateurs ont des états de charge trop différents, de la sulfatation et de la stratification peuvent encore plus affaiblir ces accumulateurs et la production de la batterie tout entière peut chuter.

Solution. Vérifier l'état de charge de chacun des accumulateurs une fois par mois. Appliquer une charge d'égalisation à la batterie si certains accumulateurs sont significativement plus faibles que d'autres. Ne pas mélanger des batteries d'une marque ou d'un certain type avec d'autres d'une autre marque ou d'un autre type.

Décharge automatique. Les batteries plomb-acide se déchargent toutes seules, même lorsqu'elles ne sont pas utilisées, les rendant sujettes à la sulfatation si elles ne sont pas rechargées.

Solution. Garder les batteries à température modérée lorsqu'elles ne sont pas utilisées, et les recharger tous les six mois. Vérifier l'état de charge des batteries avant l'achat, car elles sont parfois laissées inactives durant de longues périodes avant d'être vendues. Si elles sont sous-chargées, elles peuvent également avoir développé de la sulfatation et de la stratification.

Électrolyte impur. Les impuretés présentes dans l'électrolyte peuvent provoquer un court-circuit dans la batterie.

Solution. Utiliser de l'eau distillée pour restaurer l'électrolyte. De l'eau de pluie peut être utilisée, mais ce n'est pas idéal.

Corrosion. Des températures élevées accélèrent la corrosion des plaques et des bornes de la batterie.

Solution. Stocker la batterie dans un endroit frais lorsque c'est possible. Nettoyer les bornes de la batterie une fois par mois, ou plus souvent si cela s'avère nécessaire, afin d'en extraire la corrosion.

Remarque importante : les fabricants de batteries n'évaluent généralement pas les performances des batteries sous les conditions de charge et décharge propres à leur utilisation avec une TER ou un groupe électrogène, lorsqu'elles sont fortement et régulièrement utilisées. Les clients devraient interroger les revendeurs de batteries sur les conditions sous lesquelles leurs produits sont évalués et sur la façon dont leurs produits peuvent réagir dans les conditions spécifiques d'usage.

Maintenance



ILL. 7.5
Les batteries peuvent représenter un sérieux danger potentiel. Il faut utiliser une signalétique claire, comme ici à la Radio Pacis en Ouganda.
Photo : CAMECO

La maintenance est essentielle pour les batteries plomb-acide liquides, particulièrement lorsqu'elles sont utilisées dans des climats très chauds. La maintenance des batteries prend environ deux heures par semaine et doit être effectuée dans la mesure du possible par un technicien qualifié, ou par une personne ayant reçu une formation sur la maintenance des batteries par un technicien expérimenté. La durée de vie peut être prolongée en dimensionnant la batterie et l'alimentation électrique correctement et en utilisant un bon contrôleur de charge (voir la section sur les contrôleurs de charge ci-dessous).

Sécurité des batteries

Les batteries sont potentiellement très dangereuses, et les utilisateurs devraient prendre garde à trois types de dangers principaux :

L'acide sulfurique dans l'électrolyte (ou les batteries liquides) est corrosif. Des vêtements de protection, ainsi que des protections pour les yeux et les pieds sont essentiels lorsqu'on manipule des batteries.

Les batteries ont une capacité à produire des courants importants. Si un objet métallique est accidentellement placé sur les bornes de la batterie, des courants élevés peuvent circuler dans cet objet. La présence d'objets métalliques superflus (par exemple des bijoux) doit être minimisée lorsqu'on travaille sur des batteries ; les outils devraient être équipés de poignées isolées.

Les risques d'explosion due à l'émission d'hydrogène et d'oxygène à l'état gazeux. Durant la charge, et particulièrement la surcharge, certaines batteries, incluant la plupart des batteries utilisées dans les systèmes à énergie solaire, peuvent émettre un composé potentiellement explosif d'hydrogène et d'oxygène gazeux. Pour réduire le risque d'explosion, une ventilation est utilisée pour éviter l'accumulation de ces gaz, et les sources d'ignition potentielles (par exemple les circuits électriques peuvent émettre des arcs électriques ou des étincelles) sont éliminées des alentours de la batterie.

Convertisseurs

Les convertisseurs transforment un courant DC en courant AC (le **chapitre 1** décrit brièvement les courants AC et DC). Ils sont souvent utilisés pour convertir le courant DC provenant de batteries, de panneaux solaires ou d'une éolienne en courant AC pour alimenter les appareils de la station. Les convertisseurs utilisent des transformateurs pour intensifier la basse tension d'une batterie ou d'une TER et créer la haute tension nécessaire pour alimenter les appareils. Certains convertisseurs peuvent également fonctionner « à l'envers » comme rectifieurs, convertissant alors le courant AC des générateurs, des éoliennes ou des turbines hydrauliques en courant DC pour un stockage en batterie.

Dimensionnement. Les convertisseurs sont généralement dimensionnés en fonction de leur production énergétique continue maximale. La plupart des convertisseurs sont capables de gérer plus de courant que celui estimé pendant de courtes périodes ; cela s'avère utile pour pallier aux fortes charges occasionnelles, par exemple le démarrage d'un moteur. Il est judicieux d'acheter un convertisseur dont la capacité est supérieure de 25 % à la puissance estimée des charges auxquelles il va être raccordé, afin d'anticiper une augmentation des charges à l'avenir.

Les performances d'un convertisseur sont tributaires de la température et déclinent généralement de 1 % pour chaque degré au-dessus de 25°C. Cet effet devrait être pris en compte lorsqu'on dimensionne et installe un convertisseur ; on prendra soin aussi de placer les convertisseurs à l'abri des rayons du soleil.

Efficacité. L'efficacité d'un convertisseur est le pourcentage d'énergie à l'entrée du convertisseur qui reste disponible à la sortie. L'efficacité d'un convertisseur est généralement supérieure à 90 %, lorsque le dispositif est utilisé à une valeur proche de sa puissance maximale, mais elle diminue très fortement à basse puis-



ILL. 7.6
Les convertisseurs de la radio Voice of Life en Ouganda (voir le chapitre 10 pour plus d'informations sur cette station radio). Les deux appareils blancs ainsi que le noir sont des inverseurs raccordés aux panneaux solaires de 1 kW de la radio. Le dispositif de couleur bleue situé au-dessus de la photo est un contrôleur de charge.
Photo : CAMECO

sance. L'efficacité à charge moyenne varie fortement entre les convertisseurs et devrait être un critère important de sélection. De manière générale, l'efficacité des convertisseurs est de l'ordre de 80-90 % ; ces pertes devraient être prises en compte lors du dimensionnement de l'installation énergétique. Les convertisseurs consomment du courant à partir de la source, même lorsqu'ils n'alimentent aucune charge. Pour diminuer le gaspillage, certains convertisseurs possèdent un mode veille qui diminue la puissance consommée de quelques watts lorsqu'ils fonctionnent sans charge.

Forme d'onde de sortie. L'onde du courant AC peut avoir trois formes principales : l'onde carrée, l'onde sinusoïdale modifiée et l'onde sinusoïdale pure (voir l'illustration 1.3 au chapitre 1). Le convertisseur à onde carrée est le moins onéreux, mais il produit le courant de la moins bonne qualité. Il peut convenir pour les charges à grande résistivité, telles que les chauffages à résistance et les ampoules à incandescence. Les ondes sinusoïdales modifiées sont l'intermédiaire en coût et en qualité entre l'onde carrée et l'onde sinusoïdale pure. La plupart des appareils de ménage et de bureau peuvent fonctionner avec cette forme d'onde. Pour des performances de haute qualité, en particulier pour les équipements d'une radio, comme les mixeurs, les lecteurs CD et les émetteurs, ils devraient fonctionner sur une forme d'onde sinusoïdale pure. Il est possible de les faire fonctionner avec du courant AC de forme sinusoïdale modifiée, mais cela engendrera une distorsion du son de la radio ; cela pourrait réduire la durée de vie des équipements comportant de l'électronique sensible. Ces équipements ne doivent sous aucun prétexte être alimentés par du courant de forme d'onde carrée.

Basculement et parallèle. Un convertisseur parallèle peut fournir de l'électricité à une charge en même temps qu'un groupe électrogène. Avec un convertisseur à basculement, l'énergie est fournie par le convertisseur ou le générateur, mais pas les deux à la fois.

Autres fonctionnalités. Les convertisseurs peuvent servir à d'autres usages comme le chargement de batteries, des alarmes de haute ou basse tension ou de déconnexion, le démarrage et l'arrêt automatique d'un groupe électrogène de secours ou un dispositif de contrôle de charge (voir section suivante).



ILL. 7.7
Les convertisseurs et les contrôleurs de charge sont parfois incorporés dans la même structure, comme ce boîtier développé par la société B.BEAM.
Photo : CAMECO

Contrôleurs de charge

Les contrôleurs de charge régulent le flux électrique depuis une source d'énergie vers une batterie. De bons contrôleurs de charge allongent considérablement la durée de vie des batteries et permettent un usage optimal de l'énergie. **Aucun système comprenant des batteries ne doit être installé sans contrôleur de charge.** Cela est particulièrement vrai pour les stations radio, dans lesquelles les batteries seront probablement fortement et régulièrement utilisées, et où les coûts relatifs à l'endommagement des batteries (et du système énergétique) sont élevés.

Les principales fonctions d'un contrôleur de charge sont :

A. La protection contre la surcharge. La surcharge se produit lorsque l'alimentation de la batterie est trop importante ou que les charges sont trop petites. Une charge trop importante entraîne une gazéification excessive, une perte d'électrolyte, un réchauffement interne et une corrosion accélérée de la batterie. Un contrôleur de charge déconnecte la source électrique lorsqu'il détecte une

tension de batterie trop élevée, et la reconnecte lorsqu'une partie de la charge de la batterie a disparu. Un **contrôleur en série** déconnecte simplement la source d'énergie de la batterie. Un **contrôleur de diversion** « dérive » l'excès d'énergie vers une charge de rupture comme de l'eau ou un chauffage. Les contrôleurs en série sont adaptables sur des panneaux solaires, mais l'éolien et l'hydraulique requièrent des contrôleurs de diversion pour opérer sous une charge constante (une turbine débranchée peut tourner à des vitesses très élevées qui peuvent endommager la machine).

B. La protection contre la sous-charge. Les batteries deviennent sous-chargées lorsque la source de courant est spécialement basse ou les charges spécialement grandes. Trop peu de charge dans une batterie provoque une sulfatation (les plaques de la batterie sont couvertes de sulfate de façon permanente) et une stratification (de l'acide concentré se forme dans le fond de la batterie et accélère la corrosion). La **tension de déconnexion de charge** (TDC) est la tension de batterie à laquelle le contrôleur déconnecte la batterie des charges électriques. Quand la batterie atteint la **tension de reconnexion** de charge (TRC), la puissance de la batterie est restituée aux charges. Les charges critiques peuvent être alimentées directement à partir des batteries, pour qu'elles continuent à recevoir du courant, même lorsque les charges non essentielles (connectées au contrôleur) sont déconnectées par le contrôleur. Dans de tels cas, une alarme ou un autre signal devraient être utilisés pour assurer que les charges critiques ne déchargent pas trop la batterie.

« La régulation de charge est probablement le seul enjeu important relatif aux performances et à la durée de vie d'une batterie »

Les batteries et le contrôle de charge dans les systèmes photovoltaïques autonomes, Florida Solar Energy Center

C. Contrôle du taux de charge. La plupart des contrôleurs régulent le taux auquel une batterie est chargée. Plus grande est la tension d'entrée, plus vite la batterie sera chargée ; plus grand est l'état de charge de la batterie, plus il faut une tension élevée pour la charger davantage.

Un contrôleur de charge peut fonctionner avec un ou plus des modes de chargements suivants :

La charge ample (également appelée charge principale ou pleine charge) charge la batterie jusqu'à un niveau de tension auquel la gazéification commence et la tension s'élève ; la batterie atteint alors 80 % à 90 % de sa charge. La plupart des chargeurs peuvent fonctionner de cette façon.

La charge d'entretien (également appelée charge flottante) maintient la batterie à pleine capacité lorsqu'elle est complètement chargée, mais elle n'est pas utilisée durant un certain temps. La charge d'entretien est conçue pour compenser la décharge automatique d'une batterie. Si elle est utilisée pour accroître la charge, le processus est alors très lent – trop lent pour une batterie placée dans un système indépendant du réseau public. Les chargeurs à deux ou trois étapes sont équipés d'une charge d'entretien. De tels chargeurs appelés « chargeurs à régime lent » fonctionnent *uniquement* de cette façon et ne conviennent pas pour des systèmes autonomes.

La charge à compensation (également appelée la charge dégressive ou par absorption) amène précautionneusement la batterie à charge pleine, aux alentours des 90 % de charge. La charge à compensation amène la batterie à pleine capacité plus vite qu'une charge d'entretien. Des chargeurs à trois étapes peuvent fonctionner de cette façon.

La charge d'égalisation fournit une haute tension à la batterie lorsqu'elle est à pleine capacité ou presque, et qu'elle entre en surtension et commence à émettre des gaz. Elle est utilisée périodiquement pour les batteries liquides (et pas pour les batteries scellées) pour enlever les différences de charge entre les accumulateurs et mélanger l'électrolyte. Le mode d'égalisation peut être activé automatiquement (environ une fois par mois) ou manuellement (lorsqu'un opérateur détecte qu'un ou plusieurs accumulateurs de la batterie a un état de charge excessivement bas).

Autres caractéristiques. Les fonctions suivantes peuvent également être intégrées aux contrôleurs de charge :



ILL. 7.8
Des contrôleurs de charge adéquats pour une utilisation dans des systèmes TER.
Photo : Xantrax/Schneider Electric

La compensation de température est un must si la température ambiante du lieu où se trouve la batterie monte au-dessus des 30°C ou descend en dessous des 20°C. En effet, les batteries à haute température demandent une plus basse tension pour atteindre un état de charge pleine (et inversement, pour les températures plus froides). Sans compensation de température, un contrôleur de charge dans un climat chaud surchargera la batterie.

Un transformateur à pas décroissants permet à un contrôleur de charger efficacement une batterie en utilisant une source à haute tension.

Un indicateur d'état de charge est une fonction utile. Les affichages digitaux sont utiles uniquement si les nombres affichés sont compréhensibles par l'utilisateur. Pour cette raison, des indicateurs simples comme une série de lumières colorées peuvent être plus utiles qu'un affichage numérique.

Un dispositif de ***protection électrique***, telle une protection contre la foudre ou les surintensités du courant. Une protection contre la foudre sur un convertisseur ne protégera pas les charges de la foudre qui les atteindrait directement, par exemple si elle s'abat sur une tour d'antenne. Une protection contre les surintensités de courant, comme un fusible, protège les charges des augmentations de courant (voir également la section « protection électrique » ci-dessous).

Les ***câbles*** raccordant la batterie au convertisseur devraient être conformes aux recommandations du fabricant : un câble trop fin ou trop long provoquera une surestimation de la tension de batterie et sous-chargera celle-ci.

Le ***MMPT*** (pour « Maximum Power Point Tracking » en anglais ; le point de puissance maximale en français) est un dispositif qui augmente la production des panneaux solaires en bloquant leur courant et leur tension à un niveau optimal. Le MMPT est moins efficace en climat chaud qu'en climat froid, mais même dans un climat chaud, il peut considérablement accroître la production des panneaux solaires.

Paramètres des contrôleurs de charge. Les bons contrôleurs de charge offrent la possibilité d'ajuster certains paramètres ; par exemple le réglage de la tension à laquelle les charges sont déconnectées, ou le nombre d'heures durant lesquelles une charge à compensation est appliquée. Ces paramètres devraient idéalement être réglés par un technicien expérimenté ; ils doivent être adaptés à la configuration de la source électrique et des batteries.

Dimension. La principale donnée relative à un contrôleur de charge est son courant. Un contrôleur de charge de 20 A peut accepter un maximum de 20 A d'une source électrique. Comme les ressources naturelles telles que le soleil, le vent et l'eau sont imprévisibles, le contrôleur devrait être dimensionné pour pouvoir gérer considérablement plus que le courant moyen ou estimé de panneaux solaires, d'une éolienne ou d'une turbine hydraulique. Par exemple, des contrôleurs pour panneaux solaires devraient être assez conséquents pour gérer 1,4 fois le courant estimé de l'installation à puissance maximale : les nuages et l'humidité peuvent augmenter l'irradiation solaire au-dessus de la norme de 1 kW par m^2.

Protection électrique

L’équipement électronique est sensible aux variations de la tension, du courant et de la fréquence de la source électrique. Des fluctuations excessives, des pannes soudaines et des coupures de courant peuvent sérieusement endommager les appareils sensibles comme les ordinateurs, les tables de mixage et les émetteurs. Protéger ces équipements contre ce type de problèmes peut engendrer des économies d’énergie en préservant l’efficacité de l’équipement et en tirant le meilleur de l’énergie disponible.

Les dispositifs suivants sont communément utilisés pour fournir une telle protection.

ASI (Alimentation Sans Interruption)

La fonction principale d’une ASI (ou ***UPS*** en anglais, *Uninterruptible Power Supply)* est de fournir une source énergétique d’appoint (pendant une durée de quelques minutes à une demi-heure) lorsque l’alimentation principale tombe en panne. Les ASI sont typiquement utilisés sur l’équipement critique ou sensible tel qu’un ordinateur de bureau, un émetteur ou une table de mixage. Les ASI sont classés en fonction de la quantité d’énergie qu’ils peuvent maintenir, d’ordinaire exprimée en VA (Volt Amps). Le VA correspond à la puissance apparente de l’ASI. En raison d’un effet appelé le facteur de puissance (brièvement décrit dans le **chapitre 1**), la puissance réelle qu’une ASI peut maintenir est quelque peu inférieure à la puissance apparente donnée par l’estimation d’une ASI. En raison de ce facteur et du risque d’excéder la puissance estimée d’une ASI, les clients devraient consulter un technicien ou un revendeur pour aider à dimensionner une ASI. Le temps de fonctionnement des batteries d’un système à ASI est également capital ; la meilleure taille de batteries dépend de la durée typique des pannes à la radio. Les radios devraient également vérifier que le temps de réaction de l’ASI (le temps pris pour restaurer le courant lorsque l’alimentation principale est coupée) est suffisamment court pour éviter les dégâts sur l’équipement que l’ASI alimente.

Les ASI existent avec différents niveaux de complexité (et de coûts) :

Les alimentations électriques déconnectées ou en veille constituent la plus simple forme d’ASI. Ces dispositifs restent en veille jusqu’à la panne de la source électrique principale, et elles basculent alors vers leur propre source d’électricité (habituellement des batteries).

Une ASI à ligne interactive bascule vers la source d’énergie de secours lorsque la principale s’arrête, mais elle régule également la tension de l’alimentation principale en utilisant ses batteries pour en compenser les éventuels creux. Ce procédé fait donc un meilleur usage de l’alimentation principale, mais en puisant continûment de l’énergie des batteries, il requiert des charges fréquentes et un remplacement occasionnel des batteries.

Une ASI connectée régule le courant de l’alimentation principale en le convertissant d’AC vers DC et inversement. Ce système produit un courant de sortie plus stable et fait un usage plus efficace des batteries qu’une ASI à ligne interactive.

Régulateur de tension

Un régulateur de tension « lisse » l’alimentation électrique principale ; mais il ne constitue pas une source électrique de secours. Les fluctuations dans l’alimentation ne sont pas aussi visibles que les coupures de courant ou les chutes de tension, mais elles peuvent faire au moins autant de dégâts aux équipements. L’avantage d’un régulateur de tension par rapport à une ASI est qu’il ne contient pas de batteries : cela le rend moins cher par watt estimé, mais plus enclin à laisser la station sans alimentation si la source principale est déficiente. Les régulateurs sont également plus résistants aux fluctuations majeures de l’alimentation électrique que les systèmes à ASI ; les régulateurs sont généralement connectés directement à l’arrivée du réseau électrique public pour que les appareils qui y sont connectés (incluant les systèmes à ASI) soient protégés contre les plus fortes perturbations dans le réseau. Dans une certaine mesure, la fonction d’un régulateur de tension recoupe celle d’une ASI à ligne-interactive ou connectée, et une

radio équipée avec un bon régulateur de tension peut se satisfaire d'un système à ASI déconnecté ou en veille.

Batteries

Les batteries peuvent remplir une fonction similaire à celle des régulateurs de tension : effacer les variations de courant de l'alimentation publique et fournir un

Encadré 7.1

Étude de cas :
Radio Faraja, Tanzanie

La foudre représente une menace pour la radio Faraja, située dans la région des Grands Lacs en Tanzanie. Elle provoque des dégâts coûteux, spécialement à l'émetteur. La radio a installé un système de protection contre les éclairs (voir ILL. 7.9) comprenant des barres de cuivre pur placées à 60 mètres du sol, au sommet de la tour d'antenne, un réseau de 400 m² de câbles à la base de la tour, et quatre trous de 1,5 mètre de profondeur, chacun contenant une barre de cuivre connectée à la terre.

Le câble utilisé pour raccorder la tour à la terre est un câble de 16 mm d'épaisseur, et l'ensemble est relié électriquement : l'émetteur et l'alimentation électrique principale sont raccordés à la terre par le même système que la tour d'antenne, de façon à éviter les différences de potentiel trop importantes. La radio utilise également des régulateurs de tension pour protéger l'équipement de studio et l'émetteur.

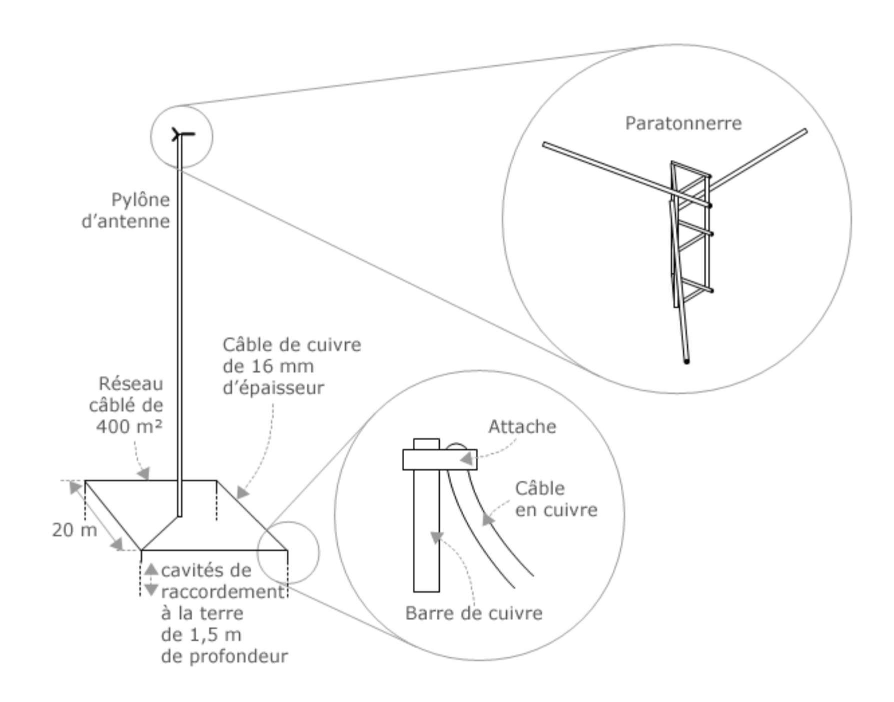
Les dégâts dus à la foudre ont été fortement réduits depuis l'installation de ce système. Les coups de foudre sont moins nombreux et plus faibles, et ils ne provoquent plus aucun dégât à l'équipement de la radio.

Source : Radio Faraja, Shinyanga, Tanzanie

courant AC stable aux charges de la radio. L'avantage des batteries par rapport aux régulateurs de tension est que l'énergie qui y entre peut être utilisée par la radio lorsque le besoin s'en fait sentir et pas uniquement lorsque le courant les parcourt. Cela est très intéressant s'il y a des moments de la journée durant lesquels la radio fonctionne, alors que le réseau électrique public n'est pas disponible de manière systématique. Il est important de souligner que les batteries sont aussi plus chères qu'un régulateur ; par contre leur durée de vie est plus courte ; enfin elles demandent plus de maintenance (sauf bien sûr dans le cas de batteries sans entretien). Le coût et la difficulté supplémentaires pour stocker l'électricité publique dans des batteries sont minimisés si la radio utilise déjà des batteries pour stocker l'énergie d'autres sources de courant (comme un groupe électrogène, des panneaux solaires ou une éolienne).

Protection contre la foudre et systèmes de raccordement à la terre

Le raccordement à la terre est le processus grâce auquel de l'électricité dangereuse et indésirable est dissipée grâce à une connexion physique à la terre. Un



ILL. 7.9
Un système de raccordement à la terre pour la protection contre la foudre. Le schéma montre le paratonnerre au-dessus de la tour d'antenne de 60 m, le réseau de câbles situé à base de la tour, sur le sol, et l'assemblage d'une barre et d'un câble en cuivre destiné à emporter l'électricité vers le sol.
Schéma : auteur

équipement de parafoudre est inefficace si la station n'a pas un bon système de ce type.

Les paramètres-clés d'un bon système de raccordement à la terre sont :

La profondeur et la largeur des trous dans lesquels les barres métalliques sont placées.

Un câble de raccordement épais de façon à pouvoir supporter de puissants courants.

Un câblage bien organisé à l'intérieur de la radio.

Un raccordement à la terre généralisé, c'est-à-dire qu'il ne doit y avoir qu'un seul point de raccordement à la terre pour l'entièreté de la radio, et pas des points multiples pour chaque appareil ou chaque studio.

Protection des charges critiques

Les charges critiques sont les appareils ou les dispositifs les plus importants de la radio. Un système énergétique optimisé fera en sorte que les charges critiques soient alimentées, même lorsqu'il n'y a pas assez d'énergie pour toutes les charges de la station.

Il existe un certain nombre de méthodes pour atteindre cet objectif :

Éteindre les charges non critiques lorsque l'alimentation est faible. C'est l'option la moins chère et la plus simple. C'est aussi la solution la plus chronophage, car elle impose qu'un ou plusieurs membres de l'équipe contrôlent le niveau de l'alimentation électrique et éteignent les charges non critiques manuellement lorsqu'il est trop bas. Cela fonctionne le mieux lorsque l'énergie est fournie par une batterie ou un groupe électrogène, car les périodes de panne de carburant ou de décharge des batteries sont dans la plupart des cas plus prévisibles que les pannes du réseau électrique public.

Utiliser la tension de déconnexion de charge d'un contrôleur. Les contrôleurs de charge débranchent les appareils qui lui sont connectés lorsque le niveau de la

batterie devient trop bas. Une charge critique connectée directement sur la batterie peut continuer à être alimentée, même lorsque les autres charges ont été déconnectées par le contrôleur.

Utiliser une source d'énergie dissociée. Cela signifie que les charges critiques sont alimentées par une source d'énergie différente – généralement une batterie différente – de celle des charges non critiques. Ce système protège les charges critiques contre l'utilisation abusive des charges non critiques (telles que le branchement d'appareils à haute consommation énergétique dans des prises murales). L'alimentation des charges critiques peut être surdimensionnée de façon à diminuer les risques de panne. Cette option peut s'avérer coûteuse si les charges critiques représentent une grande partie de la charge totale de la radio.

Utiliser une alimentation de réserve (ASI/UPS). Une ASI puise dans sa propre alimentation uniquement lorsque l'alimentation principale est coupée. Il s'agit uniquement d'une option à court terme. Les ASI sont conçues pour produire de l'énergie uniquement durant la période nécessaire pour éteindre l'équipement en toute sécurité.

La gestion à long terme de l'énergie



Les technologies énergétiques sont des investissements à long terme, avec des durées de vie mesurées en années voire en décennies. Une planification à long terme est nécessaire pour s'assurer que l'équipement soit performant jusqu'à la fin de sa durée de vie. Il est recommandé aux stations de désigner un « gestionnaire de l'énergie » pour planifier et superviser les tâches décrites dans ce chapitre.

D'un coup d'œil

La gestion à long terme de l'énergie

Les radios devraient désigner un « **gestionnaire de l'énergie** » pour planifier et superviser les tâches suivantes :

A. La maintenance : cela inclut la détection des dysfonctionnements, le remplacement des composants défectueux ou abîmés et la gestion des outils, des pièces détachées et d'autres fournitures.

B. L'évaluation : d'une part l'évaluation initiale de la technologie, et d'autre part une évaluation périodique de l'état de l'installation, ainsi qu'une veille des développements technologiques.

C. L'adaptation aux changements énergétiques : à savoir l'identification et les ajustements face aux changements des besoins énergétiques de la station en fonction de nouveaux équipements, de modifications du personnel ou de la durée temps de diffusion.

D. La supervision des économies d'énergie.

E. La formation des techniciens et de tous les agents de la radio.

F. Le partage de l'expérience de la radio en matière énergétique avec d'autres radios et d'autres membres de la communauté.

A. La maintenance

Des mesures systématiques d'entretien de l'installation énergétique de la station sont indispensables au succès d'une gestion énergétique efficace. Les tâches relatives à la maintenance de la plupart des systèmes énergétiques ne sont pas insurmontables, mais il est crucial qu'elles soient effectuées avec les bons outils, l'expertise adéquate et une régularité appropriée. Les actions et les questions relatives à la maintenance comprennent :

Le signalement des dysfonctionnements du système. Qui effectue ce signalement ? De quelle façon sont-ils signalés ? À qui les signaler ?

Le remplacer des composants défectueux ou abîmés. Y a-t-il un budget prévu pour le remplacement des composants ? Combien de temps la station peut-elle supporter d'être privée d'électricité ?

La gestion d'un stock de fournitures indispensables, de pièces détachées et d'équipement pour effectuer des tests. Qui commande les pièces détachées ou les fournitures ? Qui fournit les pièces de remplacement et comment sont-elles livrées ? Des réponses appropriées à ces questions sont particulièrement cruciales dans les régions isolées.

Le recyclage ou l'enlèvement des équipements obsolètes et des encombrants. Quels composants du système énergétique contiennent des éléments chimiques toxiques dont il faut se débarrasser ? Et où s'en débarrasser en préservant l'environnement ? Lesquels conservent de la valeur, même lorsqu'ils ne sont plus suffisamment fonctionnels ? Sont-ils recyclables et comment ? Qui va vendre ou jeter ces composants ? Où ?

B. L'évaluation

Il peut être judicieux de faire examiner l'équipement environ une semaine après son installation, pour s'assurer qu'il fonctionne selon les prévisions du fabricant et qu'il est stabilisé. Certaines radios ont inclus une telle évaluation dans leur contrat pour s'assurer que la société fournisse un matériel possédant les caractéristiques

prévues. Si l'expertise technique nécessaire est accessible, cela vaut la peine d'évaluer le matériel une fois ou deux par an. Cela peut faciliter l'identification des défauts avant qu'ils ne deviennent dangereux, et également aider d'autres utilisateurs à distinguer les bons et les mauvais produits.

C. L'adaptation aux changements des besoins énergétiques

Ceci inclut l'identification et la réactivité aux changements des besoins énergétiques de la station. Un nouvel équipement, une nouvelle équipe ou une modification dans la durée du temps d'émission peuvent modifier la demande énergétique de la radio ; cela peut exiger des changements dans l'installation du système de production d'énergie et des mesures supplémentaires pour économiser l'énergie, etc.

D. La supervision des économies d'énergie

Les initiatives d'économie d'énergie, spécialement celles qui préconisent des changements dans le comportement de l'équipe de la radio, doivent être supervisées. De plus, de nouveaux moyens d'économiser de l'énergie peuvent apparaître avec les changements de l'équipement, de l'architecture ou du personnel de la radio. Le **chapitre 2** contient plus d'informations sur les mesures d'économies d'énergie dans une radio.

E. La formation des techniciens, des opérateurs et des utilisateurs

La formation des agents de la radio à la maintenance et aux réparations d'une technologie énergétique peut permettre d'économiser du temps et de l'argent sur le long terme. De nombreuses tâches déterminantes de maintenance – p. ex. vérifier le niveau d'électrolyte d'une batterie, vérifier l'huile d'un générateur, nettoyer un panneau solaire, etc. – peuvent être effectuées par des membres du personnel, après une formation minimale (allant de quelques heures à quelques semaines) dans l'entretien de l'équipement. De plus, une formation de l'équipe

FAQ 8.1

Pourquoi et où former du personnel aux technologies énergétiques ?

La formation de l'équipe de la radio aux gestes et à des comportements d'économie d'énergie peut permettre de réaliser des économies sur la facture d'électricité.

Compter parmi les agents de la radio une personne formée dans le secteur des technologies énergétiques peut contribuer aussi à alléger le budget de fonctionnement de la station : une grande partie de la maintenance et de l'entretien, ainsi que certaines réparations des systèmes énergétiques peuvent aisément être réalisées par une personne de l'équipe ayant suivi une formation appropriée. Ce faisant, les pannes peuvent être anticipées ou solutionnées très rapidement sans devoir dépendre de techniciens externes qui ne sont pas nécessairement libres rapidement, qui peuvent être éloignés de la station et dont le prix d'intervention peut être très coûteux.

La section consacrée au chapitre 8 de l'**annexe D.2** propose quelques institutions de formation en Afrique. Mais aujourd'hui, dans la plupart des pays, les universités, les écoles polytechniques et les centres de formation ont des départements et des sections spécialisées dans les technologiques énergétiques et renouvelables ; des programmes de sensibilisation menés par des ONG, par des associations communautaires et par les autorités locales et/ou nationales organisent aussi de plus en plus fréquemment des formations dans ce domaine ; enfin les fabricants et les fournisseurs de technologies énergétiques peuvent également prévoir des formations dans leurs services ou sur le site de la station.

sur l'efficacité énergétique peut assurer que l'énergie disponible soit bien utilisée. Les principaux types de formation sont :

L'utilisation et la maintenance de base. Une formation de ce type devrait être délivrée lorsqu'une nouvelle technologie est installée. Elle doit être donnée par une personne maîtrisant la technologie, si possible par un professionnel ou un expert. Idéalement, elle est effectuée sur le site même de la radio par une personne ayant l'expérience et une bonne compréhension des conditions locales.

L'entretien avancé de l'équipement, par exemple par la mise à niveau du ou des technicien(s) de la radio. Cette formation permettrait à la radio de gérer elle-même les pannes et les dysfonctionnements, d'effectuer des vérifications annuelles ou semestrielles de l'équipement et d'en évaluer les performances. Certaines sociétés dans le secteur de l'énergie peuvent réaliser ces entretiens moyennant honoraires, particulièrement pour les systèmes à énergie solaire. Pour les radios installées dans des zones isolées, il peut être plus simple et plus économique de former le technicien de la radio — ou un électricien ou mécanicien local – pour effectuer ces tâches.

La fabrication et la production d'une technologie énergétique, soit en convertissant une technologie existante (par exemple des pompes à eau en turbines hydrauliques) soit en fabriquant un nouvel équipement (par exemple une éolienne). Des formations et des ateliers sur ces technologies se répandent en Afrique, en particulier dans des centres de formations aux métiers des petites et moyennes entreprises ou à l'initiative d'organisations spécialisées dans le domaine des énergies renouvelables. Le personnel ou les techniciens des radios tireraient bénéfice à participer à de telles formations pour comprendre la technologie ou en vue de se lancer dans la fabrication artisanale d'un système TER (p. ex. une éolienne).

La sensibilisation ou la formation des agents de la radio à une gestion économe de l'énergie. Il peut être souhaitable de former l'équipe de la radio à une meilleure utilisation de l'énergie disponible, notamment par l'apprentissage de comportements quotidiens et d'un usage des équipements de la radio qui peut permettre des économies d'énergie. De telles formations peuvent aussi aider le directeur de la radio à mieux gérer les besoins énergétiques de la station.



ILL. 8.1
Des apprentis observant un artisan en train de fabriquer une partie d'une éolienne. Les possibilités de formation en énergie vont des opérations de maintenance de base à la fabrication des technologies. Photo : Clean Energy Company

Lorsqu'on sélectionne une formation, les paramètres suivants devraient être pris en compte :

La connaissance locale. La formation est plus efficace lorsqu'elle est menée à la radio par une personne ayant une bonne expérience et une bonne compréhension des conditions locales.

Acquérir le savoir-faire. Il est utile de comprendre comment une technologie fonctionne, mais le but d'une formation technique est de parvenir à effectuer la maintenance et l'entretien d'une technologie au jour le jour. Dans ce but, une formation pratique et manuelle est préférable aux connaissances théoriques.

L'isolement de la radio. Les radios situées en région isolée doivent tirer au maximum parti de l'expertise locale. Cela réduit les coûts et permet une intervention rapide en cas de nécessité.

Une formation de mise à niveau peut être nécessaire une à deux fois par an

Encadré 8.1

Études de cas : Formation en technologie énergétique

À la **Radio Pikon Ane**, une station radio indonésienne située dans une région isolée, le système hydraulique est entretenu par un habitant de la région, le technicien de la radio. Il a appris les bases de l'entretien d'une installation hydraulique en accompagnant le personnel de la société qui a installé le système.

Le **Réseau Étoile**, un réseau de radios en Haïti, a reçu un financement pour inscrire un technicien de chaque radio membre du réseau à une formation de 10 semaines sur la gestion de l'énergie. Les gestionnaires nationaux et internationaux du Réseau Étoile et un consultant en énergie (M. Gerd Zeitter) de la société allemande BEGECA sont intervenus comme personnes ressources et formateurs.

La **Radio Fadeco** en Tanzanie utilise un système à énergie solaire. Le directeur des programmes de la station a reçu une formation de base sur les énergies renouvelables, comprenant un cours au Centre for Alternative Technology (CAT) à Wales, en Angleterre. Il a également suivi une formation sur l'installation de systèmes à énergie solaire au « Karadea Solar Training Institute » de Karagwe en Tanzanie. Il a ensuite transmis ses connaissances aux autres membres de l'équipe sous forme de formation sur le terrain.

Plus d'informations sur chacune de ces trois stations se trouvent dans les études de cas du **chapitre 10**.

pour former le nouveau personnel et rafraîchir la mémoire des anciens, particulièrement pour les radios dont le personnel change régulièrement. La mise à niveau peut être donnée par un membre du personnel qui a reçu lui-même une bonne formation initiale ou qui maîtrise l'équipement de la radio.

F. La mise en commun de l'expérience, de l'expertise et de l'énergie

Les stations de radio peuvent partager leur expérience et leur expertise en matière énergétique avec d'autres radios et d'autres groupes de la communauté. Il est également possible de partager l'énergie produite par la radio avec la communauté.

Le partage de l'expérience. Les radios qui envisagent d'adopter une technologie énergétique peuvent bénéficier de l'expérience et des leçons apprises par les radios ayant déjà expérimenté cette technologie. Parmi les informations dont la transmission peut être utile, on peut relever l'expérience avec des fournisseurs, des produits, ou des formations particulières ; avec une procédure de décision ; ou avec un style de gestion à long terme de la technologie. En plus d'aider les autres stations à prendre leurs propres décisions, le partage des informations à propos des revendeurs et de leurs produits peut obliger ces revendeurs à être plus attentifs à la qualité de leur offre.

Le partage d'expérience entre les radios peut être facilité par :

Les réseaux de radios. Parmi les réseaux, on mentionnera en particulier les réseaux de radio au niveau international (comme l'AMARC, l'Association Mondiale des Radiodiffuseurs Communautaires – www.amarc.org — ou le réseau « Radios Rurales Internationales » — www.farmradio.org), et les réseaux nationaux de radios communautaires et de proximité qui existent dans presque tous les pays africains.

Les contacts avec les études de cas cités dans ce guide. On trouvera dans l'**annexe D.2** les contacts des radios présentées dans le **chapitre 10.**

Les forums en ligne. Des forums en ligne pour discuter des technologies énergétiques et surtout des technologies à énergie renouvelable ont été créés pour des groupes ou des individus intéressés par ces technologies et qui veulent en apprendre plus à ce sujet. Des forums concernant une technologie spécifique (comme les forums sur l'énergie solaire) existent, tout comme des forums plus

généraux ; et des forums conçus spécifiquement pour les utilisateurs africains, comme pour ceux des États-Unis, de l'Angleterre ou du monde entier. Certains de ces forums sont listés dans l'**annexe D.2** sous le chapitre 8.

Encadré 8.2

Étude de cas : Partage des ressources énergétiques

La **Radio Pikon Ane** est une radio située à Anyelma, un village isolé de la province de Papua en Indonésie. La station a récemment installé une turbine hydraulique de 9 kW pour alimenter son émetteur de 1 kW et l'équipement de son studio. L'installation hydraulique a été délibérément surdimensionnée par rapport aux besoins de la station, pour que d'autres puissent également profiter du projet. Et c'est ainsi qu'environ 20 maisons, une église, une école et le bureau du chef du village ont à présent accès à l'électricité.

L'électricité provenant de la station hydraulique de la radio a un impact positif et important sur la communauté. En plus de produire de l'électricité bon marché, le projet hydraulique a resserré les liens entre la communauté et la station radio : la communauté a pris part aux décisions concernant la construction et l'entretien du système micro-hydraulique, assurant ainsi l'appropriation du projet par l'ensemble de la communauté. Le fait que ce système hydraulique soit une source d'énergie renouvelable respectueuse de l'environnement était également un paramètre important pour la subsistance de la communauté agricole.

Source : Media Development Loan Fund (MDLF), l'Association indonésienne pour le développement des Médias (PPM), et l'agence de presse KBR68H. On trouvera plus de détails sur l'installation hydraulique de la Radio Pikon Ane dans le chapitre 10.

Le partage de l'expertise. La plupart des radios ne possèdent pas en leur sein l'expertise suffisante pour la sélection, le dimensionnement, l'installation, la mise en route et la maintenance des technologies énergétiques. Il est possible pour les radios d'une même ville ou région de réduire les coûts d'experts extérieurs pour effectuer ces tâches en sollicitant ensemble des services de ces personnes ou sociétés. En particulier, les réseaux de radio peuvent être bien accompagnés par un seul « technicien volant » (ou une équipe de techniciens) suffisamment mobile pour entretenir toutes les stations du réseau, et répondre aux éventuels appels d'urgence.

Le partage de l'énergie. Les radios qui produisent un surplus d'énergie peuvent le partager avec d'autres membres de la communauté, soit pour une tâche spécifique (comme le chargement des téléphones portables) ou l'usage d'établissements proches (si un bâtiment voisin puise dans l'alimentation des batteries de la station, par exemple). L'énergie peut également être utilisée sur le site pour d'autres fonctions que la seule radio : p. ex. pour fournir l'électricité à un cybercafé ou à une cantine. À l'inverse les radios peuvent utiliser l'énergie produite par d'autres établissements, comme un hôpital ou une école (voir l'encadré 8.2).

Les relations avec les fournisseurs



Les fournisseurs de technologies énergétiques sont des personnes ou des sociétés qui vendent ces technologies énergétiques et aident à la planification, à l'installation et à l'entretien de l'installation. De même quil est important d'effectuer une bonne évaluation des besoins en énergie de la radio, il est tout aussi primordial d'évaluer le savoir-faire et l'expertise technique nécessaire dont la radio aura besoin pour mener à bien un projet énergétique. Une technologie énergétique représente un investissement à long terme avec un coût initial élevé, pour lequel une expertise adéquate peut faire une grande différence du point de vue du coût et de la réussite du système. Utiliser la bonne expertise pour les bonnes tâches est aussi important que d'utiliser la bonne technologie pour répondre aux besoins de la station. **Il est fortement recommandé aux radios de consulter des fournisseurs d'énergie professionnels à chaque étape de l'implantation d'une techno-logie énergétique : depuis l'évaluation des coûts de la technologie jusqu'à la mise en place d'un planning de maintenance.** Ce chapitre contient des conseils sur la façon de sélectionner un fournisseur de technologie énergétique et de travailler main dans la main avec lui pour mener le projet à bien.

A. Sélectionner un fournisseur de technologie énergétique. Il existe un grand nombre de sociétés et de personnes impliquées dans la vente, la planification et l'installation de la plupart des technologies énergétiques.

Les questions suivantes peuvent aider à faire un choix entre différents fournisseurs, tant du point de vue du coût que de la qualité :

La société est-elle expérimentée au niveau du type et de la taille de l'équipement ou de l'installation dont la radio a besoin ? Pour les systèmes à énergie solaire par exemple, une société spécialisée dans les panneaux solaires est préférable à une autre qui propose des installations de ce type, mais qui est plutôt spécialisée dans les installations thermiques ou le câblage électrique. Les systèmes hybrides demandent un niveau de connaissances différent de ceux nécessaires à la réalisation d'un système basé sur une seule technologie; les

D’un coup d’œil

Les relations avec les fournisseurs

Une technologie énergétique est un **investissement majeur à long terme**. Aussi est-il primordial d’utiliser la bonne expertise pour chaque tâche à effectuer.

Les qualités attendues d’un fournisseur dans le secteur de l’énergie sont :

L’**expérience** au niveau du type et de la taille de la technologie envisagée.

De bonnes références de clients précédents.

Plusieurs années d’activité dans le secteur, prouvant la qualité de son travail.

Pas ou peu d’intérêt commercial pour une technologie énergétique particulière.

Durant la réalisation d’un projet, les fournisseurs devraient idéalement proposer :

Une **visite du site.**

Des conseils et/ou une formation sur le **fonctionnement et la maintenance** du système.

De la **documentation** incluant les données techniques et un manuel d’utilisation.

Une **garantie** fiable et réaliste.

Des informations sur les **normes** respectées par leur équipement.

Un **récapitulatif complet des coûts**, comprenant les coûts des composants, les coûts de fonctionnement et les coûts initiaux.

systèmes connectés au réseau public demandent d'autres connaissances que les systèmes autonomes, etc. Le mieux est de trouver l'expertise qui convient parfaitement au travail à réaliser.

Depuis combien d'années ladite société travaille-t-elle dans ce secteur ? Si la société opère depuis longtemps dans le secteur, elle aura plus d'expérience et de connaissance du marché et de la concurrence ; elle sera dès lors plus compétitive.

La société a-t-elle de l'expérience dans la zone géographique de la radio ou dans des zones similaires ? Une société qui est familière avec les ressources, l'expertise et les besoins locaux peut prendre ces éléments en compte lorsqu'elle prodigue des conseils concernant les systèmes énergétiques et l'équipement. Pour les sociétés étrangères, une visite du site peut convenir également (voir la FAQ 9.1 pour une comparaison entre revendeurs locaux et étrangers).

La société peut-elle émettre un avis impartial et objectif sur le meilleur type de technologie à utiliser dans la radio ? Une société qui vend uniquement des panneaux solaires (par exemple) n'est peut-être pas qualifiée pour juger quel système est le plus approprié entre plusieurs solutions – p. ex. solaire ou éolien. Un bon conseiller devrait être capable de suggérer deux options énergétiques ou plus, et de comparer leurs coûts et performances. S'il n'est pas possible d'obtenir un avis circonstancié sur l'option à choisir, la radio peut alors se diriger vers différentes sociétés spécialisées chacune dans une technologie spécifique, et ensuite comparer leurs avis et leurs offres.

Quelle est la satisfaction des clients sur ladite société ? Pour évaluer une société, le mieux est de parcourir des références de leurs travaux antérieurs. Cette démarche est plus intéressante lorsque les travaux réalisés par cette société ont été évalués convenablement, par exemple lorsqu'un technicien indépendant a pu comparer la production typique d'un panneau solaire avec celle d'un panneau installé par ladite société.

B. Travailler avec un fournisseur de technologie énergétique. Si une radio possède une technologie énergétique, la société ayant fait l'installation devrait être à même d'offrir les services suivants avant ou après les travaux.

FAQ 9.1

Ma radio devrait-elle s'adresser à un fournisseur local ou étranger ?

Les paramètres suivants devraient être pris en compte lors du choix entre des revendeurs ou fabricants de technologie énergétique locaux ou étrangers (« étranger » signifie que la ou les sociétés sont basées dans d'autres pays d'Afrique ou d'autres continents).

Les coûts de transport et les taxes frontalières. Le transport international et le dédouanement peuvent être très onéreux pour de l'équipement encombrant. Le transport à longue distance peut également provoquer un retard dans la livraison.

Les garanties limitées. La garantie d'un équipement en provenance de l'étranger peut ne plus s'appliquer une fois installé en Afrique.

La connaissance du terrain. Une société familière avec les contraintes, l'expertise et les ressources locales peut facilement prendre ces conditions en compte.

Les conditions du marché. Le marché étranger de produits énergétiques peut être plus avancé que le marché local, diminuant les coûts et augmentant la qualité des produits importés par rapport aux produits locaux.

Le suivi à long terme. Les revendeurs ou fabricants étrangers pourraient être en difficulté pour fournir un suivi et des interventions en cas de panne.

La visite du site. Il est compliqué d'évaluer convenablement les besoins d'une radio sans même l'avoir visitée. La société ou la personne qui conseille la radio sur le type et la taille de la technologie devrait baser son jugement sur une visite du site.

La formation et le conseil sur le mode de fonctionnement et la maintenance. Idéalement, l'installateur sera capable de donner une formation sur l'utilisation de la technologie à un technicien de la radio ou à un autre membre de l'équipe.

Les données techniques et le manuel de l'utilisateur. Au minimum, l'installation devrait être fournie avec un manuel de maintenance du revendeur ou du fabricant. Ces documents contiennent en général des conseils sur la sécurité, la maintenance et sur les conditions de fonctionnement idéales de la technologie. Ils sont également utiles pour les techniciens qui s'occupent de l'entretien et des révisions de l'équipement.

Les garanties. Les garanties de l'équipement n'existent pas toujours, mais les sociétés devraient être encouragées à en fournir. Les termes de la garantie doivent être clarifiés avant l'achat de la technologie ; elles couvrent le type de remplacement offert par la société en cas de panne de l'équipement ; le type de panne pris en compte ; les indications et informations que le client doit transmettre au vendeur comme preuve de la panne.

Les informations sur les normes. Les fabricants et revendeurs de technologie énergétique devraient se conformer aux normes internationales pour garantir la sécurité et la qualité de leur équipement. Une technologie qui répond aux normes internationales durera probablement plus longtemps et sera plus efficace énergétiquement. Les fournisseurs de technologies devraient être en mesure d'expliquer à quelles normes leurs produits sont conformes et d'en fournir la preuve.

Le récapitulatif complet des coûts. Les technologies énergétiques incluent des « coûts cachés », provenant des convertisseurs, des batteries, des câbles, des contrôleurs de charge et des pièces de remplacement. Une société qui vend les parties les plus visibles de systèmes énergétiques – comme des panneaux solaires ou une éolienne – devraient vendre également les composants moins visibles ou au moins fournir les informations nécessaires à leur sujet. Le **chapitre 4** contient plus d'informations sur les composants des technologies énergétiques, ainsi que des exemples d'analyse des coûts de systèmes éoliens et solaires.

FAQ 9.2

Que peuvent faire les clients pour accroître les possibilités d’obtention de produits énergétiques de bonne qualité ?

Acheter les produits qui ont le meilleur retour sur investissement. Ces produits ne sont peut-être pas les moins chers, mais ils donneront le meilleur rapport énergie/coût sur le long terme. Acheter des produits de haute qualité encourage les revendeurs à fournir ces produits. (Le **chapitre 4** contient plus de détails sur les paramètres à prendre en compte lorsqu’on évalue une technologie génératrice d’énergie.)

Insister sur une garantie ou un certificat, lorsque c’est possible. Ceux-ci aident le client à identifier les produits de bonne qualité. Il est possible que les revendeurs ne les fournissent pas à moins d’effectuer une demande expresse.

Evaluer les revendeurs en évaluant leurs produits. Une révision réalisée par un professionnel une fois l’an peut permettre d’évaluer les performances d’un produit. Les revendeurs seront plus enclins à vendre des produits de qualité, si leurs clients peuvent distinguer entre des produits de bonne et de mauvaise qualité.

Partager son expérience. Les revendeurs seront encore plus attentifs à vendre des produits de bonne qualité, si les clients qui ont de bonnes ou de mauvaises expériences avec leurs produits en parlent aux clients potentiels.

Études de cas

10

Ce chapitre présente des exemples de radios communautaires, d'Afrique ou d'ailleurs, qui ont installé une ou plusieurs technologies énergétiques. Ces études de cas illustrent certains avantages de ces technologies ; elles présentent aussi les leçons que ces radios ont tirées de leur expérience avec ces technologies. Le cas du Réseau Étoile en Haïti montre les avantages et les difficultés relatives à l'installation de technologies énergétiques dans plusieurs radios au sein d'un même projet. Le lecteur qui voudrait entrer en contact avec certaines de ces stations trouvera leurs coordonnées dans la section du chapitre 10 de l'**annexe D.2**.

1. Radio Voice of Life (Ouganda)

CARACTÉRISTIQUES DE LA RADIO	
Localisation	Arua, une ville située à 500 km de Kampala (la capitale de l'Ouganda)
Temps d'antenne	16 heures par jour, 7 jours sur 7
Charge(s)	1 600 W : 1 émetteur de 500 W (consommation réelle : 1 000 W)
Réseau électrique public	16 heures par jour
Technologie installée	Installation PV de 1 000 W et des batteries
Coût d'installation	4 000 $ (environ) pour l'installation PV, le convertisseur et le chargeur (le tout acheté en 1997)

Contexte

La Radio Voice of Life a été créée à Arua en 1997, en partenariat avec *Here is Life*. DIGUNA (Die Gute Nachricht für Afrika), une société missionnaire, est en charge des aspects techniques de cette radio. Voice of Life a été la première radio de la région du Nil Occidental. Les communautés cibles de la radio (essentiellement des

musulmans) se trouvent au nord d'Arua près de la frontière avec le Soudan (à 80 km). La station émet en cinq langues et diffuse 16 heures par jour, 7 jours sur 7 ; l'équipe compte 20 personnes. Le style de la radio est « évangélique » avec une ouverture vers les autres communautés chrétiennes.

La radio possède un studio d'émission et un studio de production. La charge principale de la station en termes de consommation énergétique est l'émetteur : entre 1997 et 2008, la radio a utilisé un émetteur FM de 250 W avec une consommation réelle de 600 à 700 W ; ensuite un émetteur FM de 500 W avec une consommation réelle de 1000 W. En plus, la radio a un ordinateur portable de 17 pouces, divers lecteurs CD, MD et cassettes, quelques lampes économiques, un récepteur satellite et d'autres petits appareils. Lorsque tout l'équipement est sous tension, la radio consomme environ 1,6 kW.

La situation énergétique

Le bâtiment et les studios de la radio ont été conçus, avec l'assistance de DIGUNA, pour être aussi économes énergétiquement que possible. Le studio ne contient pas de climatiseur, l'équipement électronique est minimisé pour réduire toute production de chaleur. Un système de ventilation de type « cyclone » fait



ILL. 10.1
Le studio de mise en ondes de la Radio Voice of Life.
Photo : CAMECO

circuler l'air frais dans le bâtiment. Toutes les fenêtres font face au nord ou au nord-est. L'équipement électronique de la radio a été choisi pour supporter des températures élevées, réduisant ainsi encore un peu plus le besoin d'un climatiseur.

La station a utilisé un système basé sur l'énergie solaire et des batteries. Les panneaux solaires (de marque Siemens d'Allemagne) sont installés sur le toit du bâtiment de la station et ont une production maximale de 1 kW. Lorsque la radio fonctionnait avec le premier émetteur de 250 W, les panneaux solaires et les batteries étaient suffisants pour répondre aux besoins énergétiques de la radio. Depuis l'installation de l'émetteur plus puissant, le système solaire sert d'alimentation de secours ; lorsque les batteries sont totalement chargées, elles fournissent l'énergie pour trois ou quatre heures.

La Radio Voice of Life utilise des batteries scellées qui ne requièrent pas de maintenance ; actuellement, elle utilise huit batteries de 12 V et d'une capacité de 200 Ah. Sur base de son expérience, la durée de vie des batteries scellées est comparable à celle des batteries liquides. La radio a aussi acheté des batteries neuves sur le marché local à Kampala ; ces batteries locales, selon la radio, sont aussi bonnes que des batteries importées.



ILL. 10.2
L'émetteur de 500 W et les batteries de la Radio Voice of Life. La radio possède huit batteries d'une capacité de 200 Ah chacune ; totalement chargées, ces batteries fournissent 3 ou 4 heures d'électricité à la station.
Photo : CAMECO



ILL. 10.3
Le toit de la Radio Voice of Life sur lequel on a installé les panneaux solaires de 1 kW ainsi que les ventilateurs « cyclone ». Photo : CAMECO

Remarques complémentaires

La Radio Voice of Life a bénéficié de l'exemption des taxes à l'importation sur les systèmes à énergie solaire. En Ouganda, depuis 2007 il existe également une subvention en faveur de tout équipement relatif à l'énergie solaire, dans le cadre d'une politique de l'Agence pour l'électrification des zones rurales d'Ouganda (AEZRO). Ce programme d'appui est accordé aux sociétés du secteur de l'énergie solaire et à leurs clients ; il est financé par le REA, la Banque mondiale, le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et un consortium d'institutions de microfinance.

Informations fournies par l'équipe de la Radio Voice of Life

2. Radio Pacis (Ouganda)

CARACTÉRISTIQUES DE LA RADIO	
Localisation	À 4 km d'Arua, en Ouganda
Temps d'antenne	24 heures sur 24 (18 heures de direct)
Charge(s)	440 kWh par jour : 2 émetteurs de 2 kW; 56 ordinateurs, 8 climatiseurs
Réseau électrique public	8 heures par jour en moyenne, mais fortement variable
Technologie installée	Panneaux solaires de 25,5 kW, 2 groupes électrogènes de 70 kVA, des batteries de 5 000 Ah
Coût d'installation	300 000 $ pour les panneaux solaires, les groupes électrogènes, les batteries et l'ASI

Contexte

La Radio Pacis est une radio située à Arua en Ouganda. Elle dessert les communautés de la région du Nil Occidental. Arua est situé dans le nord de l'Ouganda, à 500 km de la capitale Kampala ; la ville compte une population de 50.000 habitants. La Radio Pacis a commencé à émettre en octobre 2004. La radio couvre une zone de 200 km autour de la ville, et arrose des régions voisines de la République démocratique du Congo (RDC) et du Sud Soudan. Trois bâtiments composent la radio : un bloc pour les bureaux, un second pour les studios et un troisième pour une mini-imprimerie.

La station émet sur deux fréquences : 90,9 FM (pour les langues kakwa, lugbara et anglais) et 94,5 FM (pour les langues alur, madi et anglais). Elle émet 24 heures sur 24. Les programmes couvrent des sujets liés à la santé, aux droits de la femme et de l'enfant, à la violence domestique, à l'agriculture, au développement, à l'enseignement, à la famille, etc. Ces sujets sont traités dans des formats radiophoniques variés : théâtre radiophonique, talk-shows et des actualités.

Le réseau électrique public est disponible habituellement huit heures par jour. La facture mensuelle d'électricité est de l'ordre de 1 400 à 1 800 $, y compris les coûts

liés aux panneaux solaires, aux batteries et au groupe électrogène. Ces sources énergétiques alimentent le vaste complexe qui abrite deux studios de mise en ondes, un grand studio de production, un cybercentre et la mini-imprimerie. La radio utilise huit climatiseurs, parmi lesquels quatre sont utilisés 24 heures sur 24, ainsi que 58 ordinateurs pour les bureaux et le cybercentre. Les deux émetteurs de 2 kW chacun consomment ensemble environ 10 kW.

La situation énergétique

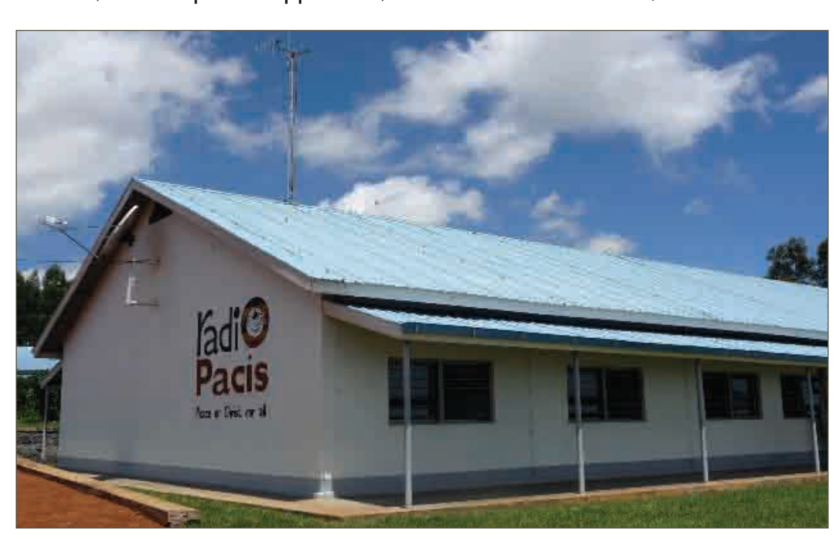
La Radio Pacis possède actuellement le plus grand ensemble de panneaux solaires d'Ouganda (installés en 2009), ainsi qu'un parc de batteries et deux groupes électrogènes. Les principaux composants du système sont :

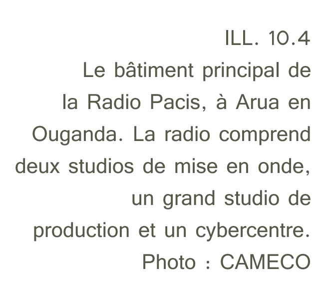
Des panneaux solaires, d'une puissance totale de 25,5 kW, composés de 340 modules de 75 Wc ; l'investissement initial fut d'environ 200 000 $ (installation comprise).

Deux **groupes électrogènes** de 70 kVA, équipés de moteurs Deutz ; ils ont coûté 35 000 $.

Une **ASI** de 60 kVA de marque « Emerson », d'une valeur de 15 000 $.

Un parc de **batteries** composé de 200 accumulateurs de 2 V et de 250 Ah, de marque « Hoppecke », d'une valeur de 50 000 $.




ILL. 10.4
Le bâtiment principal de la Radio Pacis, à Arua en Ouganda. La radio comprend deux studios de mise en onde, un grand studio de production et un cybercentre. Photo : CAMECO

Ce système a été conçu par la société autrichienne BBM. Il fut installé en collaboration avec des experts locaux. La plupart des éléments de la technologie ont été fournis par des fabricants européens. Grâce à l'installation des panneaux solaires, la radio a économisé entre 2 800 $ et 3 600 $ par mois par rapport au fonctionnement sur le réseau électrique. En d'autres termes, l'installation a divisé la facture de la radio en électricité publique par trois.

Le réseau public est utilisé uniquement lorsque la production du système à énergie solaire n'est plus suffisante. Les deux groupes électrogènes sont principalement utilisés la nuit (de minuit à 8 h 30) lorsque les panneaux solaires ne peuvent pas fournir de l'électricité. Les batteries sont une source d'énergie de secours, mais pour éviter d'endommager les accumulateurs, elles ne peuvent alimenter la station que pour un maximum de trois heures consécutives. Les panneaux solaires sont équipés de systèmes de poursuite qui orientent automatiquement les

ILL. 10.5
Le parc solaire de la Radio Pacis contient 340 modules d'une puissance totale de 25,5 kWc.
Photo : CAMECO



panneaux en direction du soleil ; ils peuvent être ajustés manuellement pour protéger les panneaux en cas de forte pluie ou de vent.

Remarques complémentaires

Les contraintes de maintenance des panneaux solaires sont faibles : les panneaux sont nettoyés une fois par semaine durant les périodes sèches pour enlever la poussière. Par contre, les 240 batteries doivent être vérifiées chaque jour : leur niveau d'électrolyte contrôlé ; le niveau de l'eau distillée doit être vérifié toutes les trois semaines. La radio a tenté de remplacer les batteries liquides par des batteries scellées (les batteries liquides étaient « trop » déchargées), mais la durée de vie des batteries scellées s'est révélée très courte : une année seulement ; jusqu'ici les batteries de la radio n'ont pu être utilisées en moyenne que durant deux années, alors qu'en principe leur durée de vie est estimée à huit années.

Au niveau de la sécurité, les panneaux solaires sont placés à l'intérieur du complexe de la radio. Une lampe de sécurité reste allumée durant la nuit, et trois gardes accompagnés de chiens veillent sur le complexe ainsi que sur le site d'émission distant de quelques centaines de mètres. Pour gérer la production énergétique, la station a un département IT (deux personnes responsables du réseau informatique) et un département technique (employant deux autres personnes). Le personnel de la radio a été formé à l'utilisation du système à énergie solaire ; le support technique est assuré par la société BBM depuis l'Autriche.

Pour réduire sa consommation d'énergie, la radio utilise de l'équipement résistant à la chaleur (aucun climatiseur n'est utilisé sur le site d'émission par exemple) ; le personnel est attentif à éteindre ou à placer en veille tous les équipements des studios lorsqu'ils ne sont pas utilisés ; le personnel de garde s'assure que l'éclairage et les ordinateurs sont éteints durant la nuit. Lors des réunions du personnel, les gestionnaires de la radio encouragent le personnel à adopter un comportement général d'économie d'énergie à tous les niveaux.

Informations fournies par l'équipe de Radio Pacis et M. Norbert Demmelbauer (BBM, Autriche)

3. Radio Voice of Peace (Soudan)

CARACTÉRISTIQUES DE LA RADIO	
Localisation	Gidel, dans une région isolée des Monts Nuba, au Soudan
Temps d'antenne	9 heures/jour en principe, mais 4 à 5 heures/jour en saison de pluie
Charge(s)	1 émetteur de 300 W, 6 ordinateurs portables, 1 ordinateur de bureau, 11 lampes
Réseau électrique public	Aucun
Technologie installée	Panneaux solaires de 1,68 kW; éolienne de 400 W ; batteries de 1,6 kAh
Coût d'installation	N/A

Contexte

La Radio Voice of Peace est située à Gidel, une région extrêmement isolée dans la région des Monts Nuba, zone dépourvue de routes et de moyens de communication. Les programmes de la radio sont en langues tira et otoro, ainsi qu'en arabe local et en anglais. En principe, la radio émet 9 heures par jour ; cependant durant la saison des pluies, il n'y a de l'énergie que durant quatre à cinq heures, aussi les heures de diffusion sont-elles adaptées en conséquence. L'équipe comprend trois personnes à plein temps, deux personnes de soutien et quelques collaborateurs pour les programmes relatifs à la santé et à l'éducation civique.

En plus d'un émetteur de 300 W, la radio dispose de six ordinateurs portables, d'un ordinateur de bureau et d'une imprimante utilisée quelques fois par jour, ainsi que 11 lampes. De temps à autre, les téléphones portables de l'équipe sont également chargés à la radio. Quand il fait chaud, deux ventilateurs de plafond sont mis en route. La station ne possède pas de groupe électrogène au diesel, et elle n'est pas desservie par le réseau électrique public.

La situation énergétique

La Radio Voice of Peace est alimentée par des panneaux solaires et une éolienne. La radio possède 8 panneaux solaires de 130 W chacun et 8 autres panneaux de 80 W, pour un total de 1,68 kW. L'éolienne est évaluée à 400 W pour une vitesse du vent de 12,5 m/s. La vitesse moyenne du vent à la radio est inconnue, mais elle est certainement inférieure à cette vitesse. La radio est alimentée par 2 batteries : une pour l'émetteur et l'autre pour le reste des appareils comme les ordinateurs et les lampes. L'émetteur est alimenté par quatre batteries totalisant une capacité de 800 Ah ; les autres appareils sont alimentés par 8 batteries, totalisant également 800 Ah. L'équipement a été acheté à la société Patech Solar Energy (située à Nairobi, au Kenya) ; la turbine a été fabriquée aux États-Unis.

Le coût principal de maintenance du système est lié à la visite annuelle d'un technicien qualifié. Ce montant s'élève à 240 $ par an. Les batteries sont également vérifiées hebdomadairement par un technicien local formé à cette tâche. Jusqu'ici le système n'a présenté aucun souci particulier.

Remarques complémentaires

Les variations saisonnières du vent et du soleil sont un problème pour la radio. Pendant la saison sèche, l'énergie solaire est suffisamment constante, mais le ciel couvert durant la saison des pluies (d'une durée de quatre à cinq mois) perturbe sérieusement la production électrique des panneaux solaires. De la même façon, l'énergie éolienne ne répond aux besoins de la radio que durant certaines périodes de l'année, habituellement en saison sèche. De ce fait, les coupures de courant sont un souci récurrent durant la saison des pluies ; c'est pourquoi à cette période, la durée des émissions est réduite à quatre ou cinq heures par jour, au lieu des 9 heures prévues.

Informations fournies par la soeur Anns James Thoompunkal de la Radio Voice of Peace et par le frère Alberto Laman du Sudan Catholic Radio Network

4. Radio communautaire Fadeco (Tanzanie)

CARACTÉRISTIQUES DE LA RADIO	
Localisation	Kayanga, un village rural isolé du Nord-Ouest de la Tanzanie
Temps d'antenne	20 heures par jour, 7 jours par semaine
Charge(s)	Émetteur de 300 W ; 7 ordinateurs ; 2 climatiseurs ; lampes à faible consommation
Réseau électrique public	Disponible en principe 24h/24 et 7 jours/7, mais très cher et peu fiable
Technologie installée	Installation PV de 130 W , 2 batteries de 200 Ah, 2 batteries de 120 Ah
Coût d'installation	4 730 $ pour l'installation PV, les batteries, le convertisseur et le chargeur

Contexte

La Radio communautaire Fadeco est située à Kayanga, une petite ville dans la région isolée de Kagera au nord-ouest de la Tanzanie. La station émet environ 20 heures par jour, 7 jours sur 7. La plupart des émissions de la radio abordent des questions de développement ; le reste de la grille des programmes propose de l'actualité, de la détente, des prières et des communiqués.

La station utilise habituellement deux climatiseurs et sept ordinateurs (trois ordinateurs portables et quatre ordinateurs de bureau), un émetteur de 300 W, un studio de mise en ondes, un hub internet et un modem, un système de téléphonie interne, deux lampes à basse puissance (de 14 W chacune) et une bouilloire pour préparer les thés et cafés de l'équipe.

L'électricité est fournie par la TANESCO, la compagnie nationale d'électricité de la Tanzanie. En principe, l'électricité est disponible 24 heures sur 24, mais ce n'est hélas pas le cas. La fourniture d'électricité est généralement instable, et au moins deux jours par semaine il y a des pannes de courant de plus de 12 heures. L'électricité publique coûte également très cher : la facture mensuelle dépasse les 200 $. Aussi la Radio communautaire Fadeco a-t-elle installé un système d'énergie

solaire à la fois pour réduire sa facture énergétique et pour accroître son temps d'antenne, d'autant plus que l'Autorité tanzanienne de régulation des communications (ATRC) a imposé aux stations de radios d'émettre sans interruption conformément à leur grille de programmes.

La situation énergétique

La Radio communautaire Fadeco a installé l'équipement suivant représentant un investissement initial d'environ 4 730 $.

Deux **panneaux solaires** de 65 W, de marque « Uni-solar », pour un montant de 1 700 $;

Deux **batteries** à décharge complète de 200 Ah, de marque « First Power », pour un coût de 1 720 $;

Deux **batteries** de voiture de 120 Ah, au prix de 360 $;

Un **convertisseur/chargeur**, de marque « Tripple-lite USA », coûtant 950 $.



ILL. 10.6
Deux panneaux solaires de 65 W de la Radio communautaire Fadeco. Les panneaux chargent une batterie que la radio utilise lors des interruptions du réseau électrique public.
Photo : Fadeco

Le système est équipé d'un basculement automatique : lorsqu'il y a une coupure dans la fourniture du réseau public, le système bascule automatiquement vers l'alimentation solaire, et inversement lorsque le réseau public redevient disponible. Cela permet à la radio de tirer le meilleur parti du réseau public sans devoir interrompre ses émissions. Le système à énergie solaire émet un signal d'avertissement lorsque le potentiel énergétique de la batterie de secours devient bas, afin que les pannes de l'alimentation de secours soient prévisibles (contrairement aux pannes du réseau) ; la radio peut ainsi informer ses auditeurs à temps en cas d'interruption des programmes par manque d'énergie.

Pour économiser l'énergie, la radio a remplacé la plupart de ses écrans TRC (tubes à rayons cathodiques) par des écrans plats et certains ordinateurs de bureau par des portables.

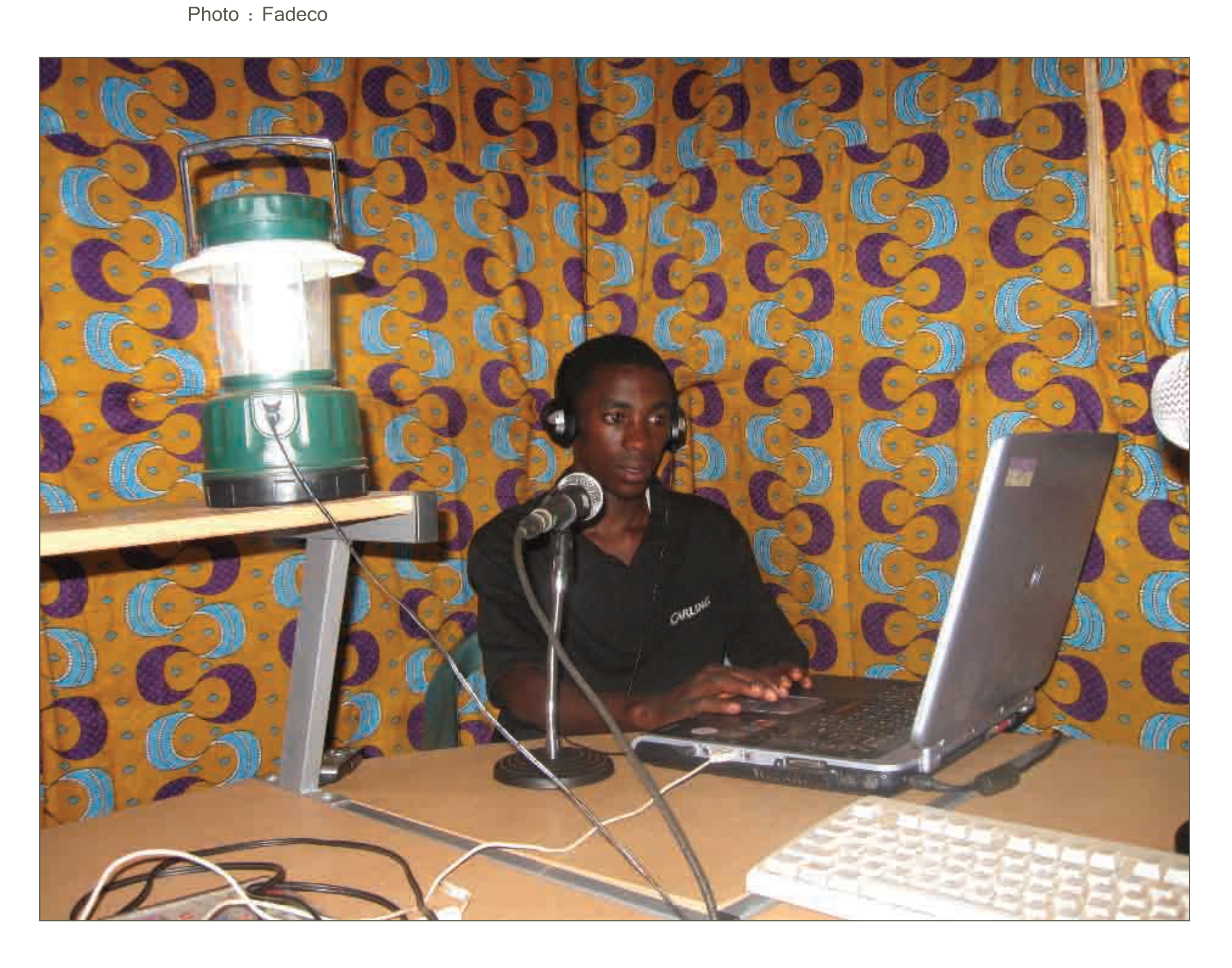
Remarques complémentaires

La gestion de l'énergie de la Fadeco est principalement entre les mains du directeur de la programmation, M. Joseph Sekiku ; celui-ci est aussi le responsable technique. M. Sekiku a reçu une formation de base sur les énergies renouvelables au Centre for Alternative Technology (CAT) à Wales, en Angleterre. Il a également obtenu un certificat en installation de systèmes à énergie solaire au Karadea Solar Training Institute de Karagwe en Tanzanie. M. Sekiku a transmis ses connaissances à d'autres membres de l'équipe de la radio par des formations pratiques. Des signes sur les câbles et un schéma du câblage du système de secours facilitent l'allumage et l'extinction du système par les agents de la radio et leur permettent d'effectuer de petits dépannages. Le numéro de téléphone d'un électricien externe est clairement affiché dans la radio.

Les principaux avantages du système à énergie solaire de la Fadeco sont d'avoir réduit la facture énergétique et d'avoir permis l'augmentation du temps d'antenne. Même lorsque le système de secours s'arrête et que la station doit interrompre ses programmes, les auditeurs peuvent être prévenus. De manière générale, les meilleures performances de la radio ont accru sa crédibilité auprès des auditeurs, amélioré la confiance et l'estime de soi des membres de l'équipe et ont augmenté les recettes : les clients considèrent à présent la Radio Fadeco comme une station

radiophonique fiable. La Fadeco a partagé ses connaissances de la technologie solaire avec d'autres radios de Tanzanie et avec ses auditeurs, jusqu'à amener une société à distribuer des lampes à LED dans la communauté. L'installation solaire attire également des visiteurs qui souhaitent s'informer sur son mode de fonctionnement.

Informations fournies par Joseph Sekiku (chef de station et gestionnaire technique de la Radio communautaire Fadeco)



ILL. 10.7
Catus Titus, un présentateur, dans le studio de mise en onde de la Radio communautaire Fadeco. L'équipement électrique du studio est alimenté par le réseau public et un système à énergie solaire de secours équipé de batteries. Photo : Fadeco

5. Réseau Étoile (Haïti)

Contexte

Le Réseau Étoile est un réseau de 9 radios catholiques d'Haïti. Même avant le tremblement de terre de janvier 2010 qui a frappé Port-au-Prince, le pays souffrait d'un manque d'électricité. Lorsqu'un appui financier en faveur du Réseau Étoile a été alloué, les directeurs des radios décidèrent unanimement que le meilleur usage de ces fonds était de l'investir dans le domaine de l'énergie. Le résultat final est que chaque radio (dont les radios Men Kontre et Tet Ansam, décrites ci-dessous) a reçu des conseils personnalisés et de l'équipement pour couvrir ses besoins énergétiques.

Initialement, il fut proposé que chaque station reçoive un groupe électrogène de 11 kW pour augmenter l'alimentation énergétique. Cette proposition avait l'avantage de la simplicité, de la familiarité et de l'équité (chaque station recevant alors le même équipement). Cependant, après avoir consulté un expert (M. Gerd Zeitter de BEGECA), il est apparu clairement que cette solution séduisante n'était pas adéquate pour répondre aux besoins spécifiques de chaque station ; par ailleurs, les coûts du carburant nécessaire pour alimenter les groupes électrogènes pouvaient rapidement devenir un nouveau problème.

Une évaluation précise des besoins énergétiques actuels et futurs de chaque radio a été réalisée grâce à un questionnaire et des visites de site effectuées par un technicien haïtien ainsi que par M. Zeitter.

M. Zeitter a étudié la situation de chaque radio, développant ensuite une proposition qui répondrait aux besoins spécifiques de chaque station. Il n'était pas possible sur base des fonds mis à disposition de développer pour chaque station une solution hors réseau (c'est-à-dire totalement indépendante du réseau électrique public). Les solutions entièrement « vertes » (avec des panneaux solaires, des éoliennes ou des moulins à eau) étaient trop coûteuses. Les systèmes hybrides devinrent les options les plus attractives : chaque radio recourant à deux ou trois sources d'énergie, chargeant des batteries à haute efficacité.

La situation énergétique

Men Kontre et Tet Ansam sont deux des neuf radios du Réseau Étoile. Leur situation énergétique et les solutions proposées sont décrites ci-dessous.

La **Radio Men Kontre** est située à Les Cayes, la troisième ville d'Haïti. Le bâtiment à deux étages de la radio est abrité du soleil par un grand manguier. Avant l'audit, la radio était alimentée par le réseau public (12 heures par jour), un groupe électrogène de secours de 12 kW (bien qu'il n'y ait pas de budget pour le carburant) et une rangée de quatre panneaux PV. Les batteries étaient chargées par le réseau électrique public et les panneaux solaires ; la plus grande partie de l'équipement radio fonctionnait indépendamment des batteries, car celles-ci étaient en très mauvais état. Les charges les plus importantes de la radio (les climatiseurs et une pompe à eau) étaient utilisées uniquement lorsque le groupe électrogène ou le réseau public étaient disponibles, car leur demande en électricité dépassait la capacité des batteries. La radio consommait un total de 51 kWh par jour, les climatiseurs et la pompe à eau dépensant la moitié de cette consommation.

CARACTÉRISTIQUES DE LA RADIO MEN KONTRE	
Localisation	Les Cayes, une ville de 100 000 habitants
Temps d'antenne	17 heures/jour
Charge(s)	50 kWh/jour: un émetteur de 500 W, 2 ordinateurs de bureau, une pompe à eau, un ventilateur
Réseau électrique public	12 heures/jour, mais instable
Technologie installée	Un groupe électrogène de 12 kW, un convertisseur/chargeur de 3,6 kW, des batteries de 25,5 kWh
Coût d'installation	[voir ci-dessous]

Les recommandations pour la Radio Men Kontre comprenaient les points suivants :

Le groupe électrogène de 12 kW devrait être utilisé comme secours uniquement.

Une maintenance régulière du groupe électrogène devait être incluse dans le budget de la radio.

Les batteries devraient être augmentées de 10 V à 24 V, ce qui serait suffisant pour alimenter les charges principales (autres que les climatiseurs et la pompe à eau) pendant cinq heures par jour, en évitant toute décharge excessive. Il n'est pas nécessaire de dimensionner les batteries pour les « jours noirs », puisque le groupe électrogène et le réseau public sont relativement puissants et fiables.

Un câblage distinct devrait être mis en place pour l'équipement alimenté par le groupe électrogène.

Les lampes devraient être câblées de façon à ce qu'elles puissent être alimentées par du courant DC directement depuis la batterie, sans avoir besoin d'un convertisseur (ce qui permet d'éviter les pertes dues à l'utilisation d'un convertisseur). Pour la même raison, des émetteurs DC pourraient également être utilisés.

Un responsable de la gestion et de la maintenance de la technologie énergétique devrait être nommé.

Le câblage existant de la radio devrait être remplacé par un nouveau, afin d'éviter les pertes énergétiques.

Les panneaux solaires sont inutiles et peuvent être vendus. Le réseau public couplé à un groupe électrogène suffit pour alimenter la station, pour autant que l'on se serve du réseau pour charger les batteries pendant 12 heures par jour ou plus.

La **Radio Tet Ansam** est située à Jérémie, une ville d'environ 50 000 habitants. La température à l'intérieur du bâtiment est très élevée en raison du toit plat. La consommation énergétique quotidienne de la radio avoisine les 30 kWh : les équipements les plus consommateurs d'énergie sont un ordinateur de bureau, trois ventilateurs et un climatiseur. La station utilise également un refroidisseur d'eau, une photocopieuse et un four à micro-ondes. Avant l'audit, la radio était

alimentée par un vieux groupe électrogène de 10 kW qui présentait des fuites d'huile ; il nécessitait des réparations et était utilisé seulement comme solution de secours. Les plus grosses charges non essentielles étaient uniquement utilisées lorsque le réseau électrique public était disponible, réduisant les contraintes sur les batteries. Néanmoins l'état des batteries n'était pas très bon, en raison sans doute de décharges excessives.

CARACTÉRISTIQUES DE LA RADIO TET ANSAM	
Localisation	Jérémie, une ville de 50.000 habitants
Temps d'antenne	16 heures/jour
Charge(s)	30 kWh/jour: un émetteur de 500 W, un climatiseur, 3 ventilateurs, 1 ordinateur de bureau, un refroidisseur d'eau, un four à micro-ondes
Réseau électrique public	3 à 4 heures/jour, en soirée
Technologie installée	Un groupe électrogène de 6 kW, des batteries de 44 kWh, des panneaux solaires
Coût d'installation	[voir ci-dessous]

Les recommandations pour la Radio Tet Ansam comprenaient les points suivants :

Le remplacement du groupe électrogène de 10 kW par un groupe électrogène au diesel de 6 kW. Ce groupe électrogène peut alimenter les climatiseurs et charger les batteries durant 6 heures par jour. Le groupe électrogène plus petit sera plus efficace énergétiquement que le groupe existant, car il sera utilisé à puissance plus proche de sa puissance maximale.

L'augmentation de la capacité du parc de batteries pour atteindre 44 kWh. Cela augmentera la durée de vie des batteries en s'assurant qu'elles ne descendent pas en dessous de 50 % de leur capacité lorsqu'elles alimentent les charges (d'un total de 17 kWh par jour) qui ne sont pas alimentées par le groupe électrogène et/ou le réseau électrique public.

Les batteries devraient être chargées avec le groupe électrogène durant l'après-midi et avec le réseau public pendant la soirée.

Le toit des bureaux paroissiaux de la station radio est idéal pour le placement de panneaux solaires. L'installation de panneaux solaires réduira la facture de l'achat de carburant destiné au groupe électrogène.

Un dispositif d'ombrage ou une marquise (fabriquée avec des feuilles de palmier, par exemple) devrait être érigé sur le toit et sur les murs extérieurs pour procurer de l'ombre et rafraîchir les studios.

Les coûts de l'équipement recommandé par M. Zeitter pour le Réseau Étoile se trouvent ci-dessous. Ces prix ne comprennent pas les coûts de transport et d'assurance.

Un moteur diesel, 9,5 kW, 110 V/60 Hz, « Lister-Petter TR-2 », *de type « village », une seule phase, ouvert*	2 900 $
Un moteur diesel, 5 kW, 110 V/60 Hz, « Lister-Petter TR-2 », *de type « village », une seule phase, ouvert*	2 400 $
Une éolienne, 1 kW, *2 m de diamètre de pale, rotor FGK à 2 pales*	4 500 $
Une centrale solaire, de 4 modules de 160 W, « Schott »	1 900 $
Des batteries	
1000 Ah, « Hoppecke OPzS »	3 900 $
1220 Ah, « Hoppecke OPzS »	4 700 $
1620 Ah, « Hoppecke OPzS »	6 800 $
2000 Ah, « Hoppecke OPzS »	7 900 $

Remarques complémentaires

En Haïti, il est difficile de pouvoir acheter sur place de l'équipement énergétique de qualité. Les distributeurs locaux et même leurs fournisseurs à Miami ne trouvent pas que le marché des produits de haute qualité est suffisamment important pour les distribuer en Haïti. C'est pour cette raison que l'équipement des neuf stations a été acheté auprès de sociétés européennes et acheminé ensuite vers Haïti. L'organisation du trajet n'a pas été une mince affaire : les radios ont dû attendre plus longtemps pour obtenir leur équipement que si elles l'avaient commandé via leurs réseaux familiaux à Miami. Certains directeurs de radio craignaient également qu'ils ne puissent compter sur un support technique des fournisseurs locaux pour le service après-vente, l'achat de pièces détachées et les entretiens. Depuis lors, ces craintes ont été largement levées.

Grâce à un achat à l'étranger, les radios ont pu bénéficier de matériel de meilleure qualité, à un prix moindre que si les investissements avaient été réalisés sur place ; cela a permis aussi un meilleur usage des fonds disponibles.

La formation intensive d'un technicien par radio a pu être organisée durant dix semaines (une semaine par mois durant dix mois). Les concepteurs du projet espèrent que, grâce à ces formations, les radios seront capables d'entretenir elles-mêmes les équipements des studios et les équipements énergétiques, sans dépendre de l'assistance des techniciens de la capitale haïtienne.

Informations fournies par Gerd Zeitter (BEGECA) et Pierre Bélanger (Coordinateur international du Réseau Étoile)

6. Radio Pikon Ane (Indonésie)

CARACTÉRISTIQUES DE LA RADIO	
Localisation	Anyelma, un village isolé de la province de Papua, en Indonésie
Temps d'antenne	17 heures par jour
Charge(s)	2 kW au total: 1 émetteur de 1 kW ; 3 ordinateurs ; 6 lampes
Réseau électrique public	Aucun
Technologie installée	Système hydroélectrique de 9 kW (sans batterie)
Coût d'installation	70 000 $ pour les coûts initiaux, comprenant l'étude du site, l'installation et la construction du barrage

Contexte

La Radio Pikon Ane a été créée dans le but de donner un accès à l'information aux populations du Plateau Central de Papua, en Indonésie. La radio se trouve dans le village isolé d'Anyelma, dans le district de Yahukimo. Elle émet dans une des zones les plus pauvres du pays, où plus de la moitié de la population vit sous le seuil de pauvreté. La population souffre de malnutrition. La radio a été mise en route en septembre 2007 après une famine en 2005 qui avait fait 55 victimes dans la région : un désastre qui aurait pu être évité si l'information sur les mauvaises récoltes avait pu être transmise rapidement aux autres régions indonésiennes. La radio a été mise en place par l'unique agence d'information radiophonique nationale indépendante d'Indonésie, la KBR68H, et l'Association Indonésienne pour le Développement des Médias (une ONG), avec le soutien du Media Development Loan Fund (MDFL) et le gouvernement des Pays-Bas. La radio émet 17 heures par jour, avec une audience de 70 000 personnes. La station diffuse des programmes sur le prix des cultures pour la subsistance des fermiers locaux ; elle propose aussi des émissions de conseil sur la santé et les droits de la femme, des communiqués du gouvernement local et d'autres informations.

La situation énergétique

Le système hydraulique est évalué à 9 kW, le plaçant dans la catégorie des systèmes microhydrauliques. La radio n'utilise pas de batteries et ne possède pas d'alimentation de secours comme un groupe électrogène ; elle ne dispose pas d'électricité publique. L'énergie solaire a été envisagée à la place de l'énergie hydraulique, mais le manque de soleil dans la région rendait les panneaux solaires peu intéressants. L'installation d'un générateur au diesel fut alors étudiée, mais le coût du carburant et les difficultés liées à son transport ont rejeté cette option (le diesel à Yahukimo coûte environ 3,2 $ par litre, plus de six fois le prix au détail fixé par le fournisseur de diesel).

Le système hydraulique a coûté environ 70 000 $ à l'installation. Cela couvre les frais de l'étude initiale, la construction du barrage, la turbine et l'équipement qui l'accompagne, ainsi que les lignes de transmission. Le FEDM s'attendait à un coût supérieur à ce qu'il peut être dans d'autres régions de l'Indonésie, car l'isolement de la radio rend les coûts de transport beaucoup plus élevés. Un système comparable aurait coûté dans des zones plus accessibles environ 45 000 $. Le système a été fabriqué et installé par la société CV Energi Alternatif, basée à Sentani/ Jayapura, à Papua.

Les coûts annuels de maintenance sont évalués à 1 000 $ (1,5 % du coût initial du système). Les tâches relatives à la maintenance comprennent le remplacement de la courroie et la lubrification de la turbine ; elles sont le plus souvent effectuées par un autochtone qui fait également office de technicien pour la radio. Il a accompagné l'équipe d'installation durant les travaux ; les techniciens qui ont installé le système lui ont expliqué ce qu'ils faisaient et les bases de la maintenance. Le technicien n'a pas reçu de formation supplémentaire. Son rôle comprend la vérification régulière du niveau d'eau, de l'état de la courroie et de la présence de lubrifiant. Dans les zones qui surplombent le système hydraulique, les fermiers apportent également leur aide en empêchant la chute d'arbres, évitant ainsi que du bois pénètre dans la rivière, endommage le barrage et arrête la turbine.

La turbine s'est parfois arrêtée en raison de débris (principalement des morceaux de bois) bloquant le flux de l'eau dans la turbine, mais le problème a été réglé très

simplement en ôtant les débris de la turbine. L'énergie produite chute de temps à autre si le niveau d'eau baisse. Cependant, la puissance totale du système micro-hydraulique est de 9 kW, parmi lesquels seul 1 kW est utilisé par la radio ; la baisse du niveau de l'eau n'a donc pas d'impact majeur sur la radio.

Remarques complémentaires

En raison de l'isolement de la radio, la construction du système a été lente et pénible. Le fournisseur des matériaux de construction (comme le ciment, la tôle ondulée, le sable, le bois et la pierre) était peu fiable ; un pont d'urgence a été construit au-dessus d'un cours d'eau local pour l'acheminement des matériaux ; au début, les habitants de la région se sont opposés à l'installation de lignes de transmission longues de 1 km, et ils ont demandé des compensations pour laisser installer dans leurs jardins les tuyaux renfermant ces lignes.

Cependant, une fois le système installé, la zone a pu pour la première fois bénéficier d'une alimentation électrique. Depuis le début du projet, il a été décidé que le système ne profiterait pas uniquement à la radio, mais également à la communauté



ILL. 10.8
La conduite forcée et le canal en pleine construction, à la Radio Pikon Ane.
Photo : Indonesia Media Development Loan Fund (MDFL)

locale, ce qui explique que le système soit délibérément surdimensionné par rapport aux besoins de la radio. Le résultat fut à la hauteur, puisqu'une vingtaine de 20 maisons, une église, une école et le bureau du chef du village disposent à présent d'électricité.

L'électricité a eu un impact positif important sur la communauté, et le coût modeste de l'alimentation rend le système durable sur le long terme. En faisant participer la communauté durant les différentes étapes du projet, tant au niveau de la construction que de la maintenance du système, un sens de la propriété communautaire et de la responsabilité s'est développé ; des liens très forts entre la communauté et la radio se sont créés. De plus, opter pour une source d'énergie alternative respectueuse de l'environnement est un paramètre important pour la subsistance de la communauté agricole.

Informations fournies par Tessa Piper, directeur de programme local du Media Development Loan Fund (MDFL)



ILL. 10.9
Le canal de l'installation hydraulique de la Radio Pikon Ane, dans son état final. Photo : Indonesia Media Development Loan Fund (MDFL)

ILL. 10.10
Le bâtiment qui abrite la turbine et l'équipement de transmission pour l'installation hydroélectrique de la Radio Pikon Ane. Les matériaux destinés à l'installation ont été transportés sur le site grâce à un pont construit pour l'occasion.
Photo : Indonesia Media Development Loan Fund (MDFL)





Politiques et entrepreunariat dans le secteur énergétique

Le coût, la qualité et la disponibilité d'une technologie énergétique dépendent en partie de l'existence d'entreprises sérieuses dans le domaine des énergies et des politiques gouvernementales de soutien du secteur. Ce chapitre donne un aperçu des entreprises dans le secteur énergétique en Afrique et des politiques que les gouvernements peuvent adopter pour encourager le développement des technologies énergétiques, spécialement des technologies à énergie renouvelable.

Les entreprises locales du secteur des énergies

Ces dernières années sont apparues en Afrique des entreprises dans le secteur des énergies, créées et animées par des associations communautaires. Les gouvernements nationaux, les ONG et des entrepreneurs locaux ont fait de plus en plus d'efforts pour compenser les faiblesses des réseaux publics d'électricité. Ces efforts ne concernent pas seulement la production d'électricité, mais aussi d'autres formes d'énergie pour les tâches quotidiennes comme cuisiner et chauffer de l'eau. Les stations de radio occupent une place de choix pour encourager et participer à ces efforts, y compris parfois en créant leur propre entreprise de production d'énergie.

Diversité du secteur entrepreneurial

Les entreprises du secteur énergétiques peuvent revêtir diverses formes. De petits opérateurs privés produisent et vendent de l'électricité dans la plupart des pays africains, principalement grâce à des générateurs au diesel ou de petites installations hydrauliques. La situation de l'électrification dans les zones rurales varie énormément d'un pays à l'autre, en fonction de la taille et de la topographie

du pays, des ressources naturelles, du développement de son réseau électrique national, de la taille du secteur local privé, etc. Mais, dans de nombreux pays, des réformes politiques récentes ont ouvert la voie à des solutions de production et de distribution d'énergie complémentaire au réseau public. Des coopératives et des opérateurs privés sont à présent encouragés et soutenus pour installer et gérer des services de fourniture d'électricité en utilisant une large gamme de technologies, y compris les TER. L'électricité produite est alors distribuée via un réseau local, la plupart du temps au sein de la ville ou des villages environnants.

… dans de nombreux pays, des réformes politiques récentes ont ouvert la voie vers des systèmes de production et de distribution d'énergie gérés et détenus au niveau local…

Les entreprises locales dans le secteur énergétique s'occupent de l'importation et de la vente de systèmes à énergie solaire, de lampes à énergie solaire, ainsi que d'autres types d'éclairages économes en énergie comme les lampes LED. Il existe également des fabricants et installateurs locaux d'éoliennes. Des produits économes en énergie autre qu'électrique sont également fabriqués et vendus localement. Par exemple, on trouve des fourneaux pour l'utilisation domestique ou industrielle, qui permettent de réduire la consommation de bois ou de charbon (voir l'encadré 11.1).

D'autres alternatives, comme des briquettes produites à partir de résidus agricoles ou de déchets de charbon, apparaissent sur le marché local (voir ILL. 11.1). Des digesteurs de biogaz qui transforment le fumier animal en gaz utilisé ensuite pour la cuisine ou la production d'électricité ont été mis au point et sont distribués. Des micro-commerces au niveau de communautés locales utilisent des panneaux solaires pour fournir un service de chargement de batteries, de téléphones portables, ou bien vendent des fourneaux, des lampes solaires ou d'autres produits de consommation à prix abordable. Tous ces commerces offrent l'accès à des formes d'énergie plus saines, moins nocives pour l'environnement, et moins chères à long terme que le bois, le charbon ou le kérosène.

Types de financements et de soutien pour les entreprises locales dans le secteur de l'énergie

Certaines sociétés sont internationales, tandis que d'autres ont été créées et sont gérées par des Africains. D'autres encore sont le résultat de partenariats entre des Africains et des personnes ou groupes d'autres régions du monde. Des entreprises plus importantes, par exemple une petite installation hydraulique ou une petite société fournissant de l'électricité, auront besoin d'appuis financiers alloués par des autorités locales ou de donateurs pour faire face aux coûts de tels projets. Les sociétés qui s'occupent de l'installation de systèmes PV et les fabricants de matériel lié au biogaz peuvent également bénéficier de programmes soutenus par des bailleurs de fonds, soit par le biais de la formation ou l'octroi de subvention aux consommateurs se tournant vers ces technologies, soit en soutenant des contrats d'achat pour des écoles et des centres de santé. Des petits commerces de détail ou des petites entreprises dans le domaine de l'énergie qui ne demandent pas un capital de départ important, peuvent aussi être créés en utilisant des ressources ou des fonds privés, ou grâce à des microcrédits ou un emprunt bancaire.

En général, pour créer une entreprise rentable, que ce soit comme activité principale ou secondaire, l'entrepreneur devra disposer d'actifs. Or, sans garantie, des emprunts sont très difficiles à obtenir pour un individu, en particulier si c'est sa première expérience commerciale.

Certaines ONG internationales soutiennent l'octroi de prêts à des PME dans le secteur des énergies renouvelables, car elles sont convaincues que l'accès à des formes d'énergie modernes est une clé du développement économique. Elles peuvent entre autres mettre en place des lignes de crédit spécifiques auprès d'institutions de crédit, ou se porter garantes pour des emprunts.

Pour des commerces de plus grande taille, il existe des investisseurs spécialisés qui fournissent des crédits et des capitaux. Certains réseaux d'investisseurs et de bailleurs de fonds organisent des concours ou lancent des appels à propositions pour attirer l'intérêt d'entrepreneurs potentiels. Quelques organisations, africaines et internationales, recherchent aussi à gagner des crédits-carbones : en

effet, un financement international a été créé au bénéfice de projets qui réduisent les émissions de gaz à effet de serre.

Cependant, il s'agit d'un secteur d'activité très technique ; il existe très peu d'exemples en Afrique d'entreprises locales dans ce secteur qui ont pu accéder à une bourse de carbone.



ILL. 11.1
Mau Kazi devant les briquettes qu'elle fabrique et vend. Les briquettes sont des sources d'énergie compacte composées de charbon, de déchets agricoles, de paille, de foin, de cosses de noix de cocos, de copeaux de bois ou d'autres matières inflammables. Photo: GVEP International (Global Village Energy Partnership)

Bref, des formes de financement très variées peuvent aider au lancement d'un commerce ou d'une entreprise ; mais dans tous les cas, la clé de la réussite réside dans le principe de base du marché : fournir un produit ou un service attractif à un prix abordable pour les consommateurs.

Dans les régions sans réseau électrique public, des lampes à énergie solaire bon marché et de bonne qualité sont presque toujours préférables à des lampes à pétrole. Même si le coût initial des lampes à énergie solaire est plus élevé, l'argent économisé sur le kérosène compense rapidement la différence ; de plus la lumière émise est plus vive et la lampe n'émet pas de fumée toxique. Les briquettes et les fourneaux améliorés attirent moins dans des zones où le bois est abondant et peut-être ramassé gratuitement ; par contre ces produits se vendront bien dans les zones urbaines où ils sont moins chers que les traditionnels feux de bois ou de charbon.

… la clé de la réussite de tout commerce ou entreprise est de fournir un produit ou un service attractif et abordable pour les consommateurs …

La contribution des radios

Un des défis auxquels les entreprises locales dans le secteur des énergies font face est le manque d'ouverture d'esprit concernant leurs produits et les avantages que ces technologies procurent à la société. Les stations radio peuvent certainement jouer un rôle précieux en sensibilisant le public sur les bénéfices matériels et sanitaires des produits à énergie solaire à bas prix, des cuisinières améliorées, des briquettes, des biogaz ou d'autres technologies. L'adéquation des technologies avec les conditions de vie locales varie selon les situations, aussi la radio devra mener ses propres recherches à ce propos.

Les entreprises dans le domaine du solaire cherchent régulièrement des revendeurs pour leurs produits ; il y a là des opportunités d'affaires pour les personnes désireuses de vendre des batteries, des lampes à LED, etc. ou d'ouvrir un lieu de chargement de téléphones portables. À nouveau, parler de ces possibilités peut aider le marché à prendre de l'ampleur. Un autre défi majeur est le

Encadré 11.1

Études de cas : Des fourneaux améliorés au Kenya et en Ouganda

Pour plus de 95 % des Ougandais et des Kényans, le combustible de base pour cuisiner est le charbon de bois ou le bois. Les fourneaux habituellement utilisés sont inefficaces, et de ce fait la quantité de bois nécessaire pour préparer un repas est considérable. Des partenariats entre des entreprises locales et des donateurs étrangers ont mis au point et popularisé des fourneaux améliorés économes en combustible ; de plus, ils réduisent l'impact en matière de santé et d'environnement inhérent aux fourneaux classiques. Voici deux exemples de tels projets:

Le Kenyan Ceramic Jiko et le Groupe de Femmes Maelewano. Le groupement de femmes Maelewano est situé à Mwakoro, un village isolé dans la province de la Côte kényane. Les membres de ce groupe utilisent un four pour fabriquer des fourneaux, dont le Ceramic Jiko (KCJ), une version modifiée des fourneaux traditionnels au charbon. Le KCJ coûte entre 2 $ et 5 $. Des experts ont évalué que le KCJ permet une économie d'environ 65 $ de combustible par ménage par an. Le four a été fabriqué par l'organisation allemande GTZ, permettant au groupe de produire ces fourneaux améliorés et de les vendre en réalisant des bénéfices.

Le fourneau à briquette en Ouganda. UGASTOVE est une société ougandaise exerçant son activité dans divers domaines des technologies à biomasse, comprenant la production des fourneaux à roquette de bois. Les fourneaux à briquettes permettent une cuisson efficace en assurant un bon tirant d'air dans le feu, une utilisation contrôlée du combustible, une combustion complète et une utilisation efficace de la chaleur. Grâce aux conseils de la société Accenture, UGASTOVE qui n'était au départ qu'une activité familiale, a pu se transformer en entreprise. À présent UGASTOVE organise des sessions de formation sur la production de fourneaux à destination de la population locale ; elle offre aussi des possibilités de microcrédits pour les plus démunis de Kampala ; la société UGASTOVE reçoit des « **crédits carbone** » comme récompense pour les cuisinières vendues, en raison de sa contribution à la réduction des émissions toxiques grâce à ses fourneaux améliorés.



ILL. 11.2
Un fourneau à briquette de bois (à gauche) et un Kenyan Ceramic Jiko (à droite).
Photos: UGASTOVE et GVEP International (Global Village Energy Partnership)



manque d'accès à des prêts pour les clients qui voudraient acheter une lampe, un fourneau ou un système domestique à énergie solaire. Certaines caisses de crédit proposent des prêts à cet effet et encouragent leurs membres à devenir des distributeurs de produits énergétiques à prix abordables. Dans leurs émissions, les radios peuvent faire connaître de telles expériences.

Créer un commerce énergétique

Les radios peuvent devenir elles-mêmes fournisseurs de services dans le domaine de l'énergie, par exemple en vendant l'énergie excédentaire dont elles disposent. Cela peut prendre la forme de services de recharge de batteries ou de téléphones portables. Certains opérateurs de téléphonie mobile ont déjà commencé à proposer ces services à partir des relais dont l'alimentation excède les besoins : c'est le cas par exemple de Safaricom au Kenya. Autre avantage pour les radios : la présence à l'extérieur de l'enceinte de la station d'une personne qui s'occupe de ce genre de service peut contribuer à décourager des voleurs potentiels. Toutefois, avant de se lancer, une petite étude de marché doit être réalisée pour s'assurer que l'activité puisse être rentable. La FAQ 11.1 propose une liste des questions-clés pour ce genre d'étude.

Perspectives d'avenir

L'Afrique a besoin d'un accès à l'énergie pour augmenter sa productivité et la qualité de vie de sa population. Les lampes économiques et les fourneaux améliorés permettent des économies d'argent et améliorent la vie quotidienne des gens ; mais c'est l'accès à une source électrique qui fera réellement la différence. Dans un grand nombre de pays africains, une croissance des mini-réseaux électriques autonomes alimentés par diverses technologies est prévue durant les décennies à venir, pour un grand nombre d'applications : notamment dans les usines, les relais téléphoniques ou les hôpitaux. Les radios communautaires compteront parmi les bénéficiaires de cette électricité qui sera très certainement moins onéreuse que ces alternatives – à moins bien sûr qu'elles n'aient déjà investi dans un système à basse maintenance tel que des panneaux solaires, une éolienne ou un système hydraulique.

FAQ 11.1

Ma radio peut-elle se lancer dans une activité de services dans le secteur de l'énergie ?

Les radios qui disposent d'un surplus d'énergie, que ce soit de manière occasionnelle ou permanente, pourraient avoir envie de l'utiliser pour générer des revenus. Les activités les plus répandues en Afrique dans ce domaine concernent le chargement de batteries et de téléphones portables.

Les questions suivantes devraient être étudiées pour déterminer si une telle activité commerciale est ou non viable :

Où les personnes possédant des batteries ou des téléphones portables les chargent-elles actuellement ?

Est-il possible d'**améliorer l'offre de ce service** (par exemple en évitant aux clients un déplacement de plusieurs kilomètres) et/ou son prix ?

Quelle demande existe-t-il pour de tels services et combien les gens sont-ils prêts à payer pour ceux-ci ?

Le service proposé pourrait-il être utilisé comme motivation en faveur d'autres secteurs de la radio ? Par exemple, dans une radio située au nord du Bénin, les personnes qui fournissent une histoire ou une annonce à la radio peuvent charger leur téléphone mobile lorsqu'ils sont à l'intérieur du bâtiment.

Quels sont les coûts qu'engendrera la mise en place de ce service (à la fois les coûts initiaux, mais aussi les frais de fonctionnement) ?

Avec ces informations, il devrait être possible de déterminer si la recette générée par ce service sera plus importante que son coût. Si c'est le cas, le commerce est rentable et viable.

Énergie et politique

Les gouvernements locaux et nationaux d'Afrique occupent une position idéale pour apporter une contribution aux technologies énergétiques. Le degré d'implication des gouvernements envers les technologies d'énergie renouvelable et leur attitude face à l'‘électrification sont des paramètres décisifs quant au choix d'une radio pour une technologie énergétique donnée. Nous donnons ci-dessous quelques mesures que des gouvernements peuvent prendre pour promouvoir les technologies d'énergie autonome des réseaux publics d'électricité, ainsi que quelques exemples de pays africains qui les ont déjà appliquées.

Un financement attractif pour les projets impliquant des TER.

Exemple : en 1997, le gouvernement du Botswana a mis en place un plan financier pour permettre aux communautés rurales d'acheter des systèmes PV, avec un remboursement en quatre ans, avec intérêt.

L'exonération des taxes, incluant les taxes d'importation dont les taxes douanières.

Exemple : à partir de 1998, le gouvernement du Ghana a réduit les taxes d'importation et la TVA (taxe sur la valeur ajoutée) sur les technologies éoliennes et solaires. En janvier 2010, ces technologies ont été entièrement exonérées de taxes d'importation et de la TVA.

Des subventions globales en faveur des technologies énergétiques.

Exemple : en septembre 2007, le gouvernement ougandais a annoncé une subvention de 45 % sur tout équipement PV.

Tarifs de rachat : les opérateurs de réseaux électriques publics paient un certain montant aux individus et/ou aux sociétés qui injectent de l'électricité dans le réseau à partir de sources renouvelables.

Exemple : le gouvernement kényan a introduit un système de tarification en 2008, légalisant le paiement de 0,09 $ par kWh pour l'énergie produite en parcs éoliens, à hauteur de 50 MW.

Encadré 11.2

Études de cas : Des entreprises de chargement de téléphones portables dans la province de la Côte kényane

Dans la province de la Côte kényane, des biomasses telles que le charbon, le bois de chauffage et la bouse sont encore la principale source d'énergie pour les ménages. La plupart de ces ménages ne sont pas raccordés au réseau électrique public, et le pays lutte pour produire assez d'énergie pour répondre à la demande existante et en développer la puissance par ses seules ressources. Pour tout compliquer encore, la déforestation par les bûcherons et les agriculteurs réduit petit à petit la taille des forêts kényanes. Un peu partout au Kenya, la compétition pour ces ressources raréfiées a provoqué une hausse spectaculaire des prix des combustibles à biomasse, aussi les ménages dépensent-ils une part de plus en plus importante de leur budget pour se procurer ces combustibles.

Ci-dessous, nous donnons deux exemples d'entrepreneurs de cette province qui ont utilisé une énergie renouvelable - l'énergie solaire - afin de ne plus dépendre de la biomasse pour leurs besoins énergétiques. Ces deux hommes ont entrepris leur activité après avoir participé à une session de formation sur la micro-entreprise initiée par le Developing Energy Enterprises Project - East Africa (DEEP-EA). Le DEEP-EA est spécialisé dans le soutien aux entrepreneurs dans le domaine de l'énergie dans les zones rurales ou semi-urbaines d'Afrique de l'Est.

Eli Simeon Kondo a récemment acheté deux panneaux solaires qu'il utilise pour ses propres besoins en énergie et pour développer son commerce de chargement de téléphones portables. Les téléphones portables (contrairement à l'électricité) sont très répandus et peu onéreux dans le Kenya rural ; aussi ce service de chargement des téléphones pouvait donc générer des bénéfices. Le commerce a si bien démarré qu'Eli a eu la possibilité d'ouvrir un compte bancaire.

Athuman Ndoro Nyawa a également démarré un petit commerce de chargement de téléphones portables dans le district de Mwabila-Mlola de la province. Il a commencé son commerce en octobre 2009 ; à présent, il charge dix téléphones par jour pour un gain quotidien d'environ 150 schillings (1,80 $), dans un pays où le revenu quotidien moyen avoisine les 100 schillings (1,20 $). Athuman a également pu ouvrir un compte bancaire.

Source des informations : GVEP International (Global Village Energy Partnership)

Stimulation du marché de l'énergie

Exemple : une partie du Plan stratégique pour l'énergie nationale du Ghana (voir encadré 11.3) vise à encourager les industriels à développer des partenariats avec des marques populaires, pour développer des chaînes de production et d'assemblage dans le pays.

La certification et la licence des producteurs de technologies énergétiques

Exemple : la délivrance de certificats et de licences était un des buts du Plan stratégique pour l'énergie nationale du Ghana (voir encadré 11.3).

Le financement de projets énergétiques spécifiques

Exemple : le Programme malien pour la popularisation de l'huile de jatropha comprenait l'installation dans des villages d'équipements alimentés à l'huile de jatropha, et la conversion de véhicules et d'installations pour le fonctionnement à l'huile de jatropha. D'autres projets financés dans les pays africains ont fourni des feux de circulation alimentés à l'énergie solaire, des pièces de remplacement pour des systèmes à énergie solaire et des installations PV pour certains villages.

L'encouragement à la recherche et au développement de sources d'énergie renouvelable

Exemple : le Programme malien pour la popularisation de l'huile de jatropha a financé des recherches sur deux types de processus d'extraction de l'huile de jatropha.

La nomination de conseillers gouvernementaux en énergie, la signature d'accords et l'élaboration de plans nationaux pour l'énergie

Exemple : en 2010, le gouvernement rwandais a chargé un expert en énergies renouvelables de développer une stratégie nationale pour l'énergie renouvelable.

Encadré 11.3

Étude de cas : le Plan stratégique pour l'énergie nationale du Ghana

Le Plan stratégique pour l'énergie nationale du Ghana (SNEP, 2006 - 2020) est un exemple d'action gouvernementale pour encourager les technologies à énergie renouvelable. Le but de ce plan est de créer un marché de l'énergie au Ghana qui puisse fournir des services énergétiques suffisants, viables et efficaces. Les recommandations contenues dans ce plan comprennent les points suivants.

S'assurer que les appareils, les installations, les machines et l'équipement éoliens et solaires soient **exempts de taxes d'importation, de TVA, et d'autres impôts indirects.**

Encourager les industriels ghanéens à **créer des partenariats avec les marques populaires** pour développer des chaînes de production et d'assemblage dans le pays.

Établir et appliquer des **certificats** et des **licences** pour les revendeurs de technologies à énergie renouvelable.

Encourager les autorités locales du Ghana à fournir des services pour l'électrification des communautés n'ayant pas l'accès à un réseau public grâce à des **mini- ou micro-réseaux** basés sur des sources alternatives comme les biomasses.

Des plans comme celui-ci ne garantissent pas que l'énergie renouvelable devienne moins chère et plus accessible, mais ils y apportent une contribution non négligeable. Dans le cas du Ghana, le SNEP a attiré plus de 210 millions de dollars de soutien de la Banque Mondiale et d'autres donateurs.

Source des informations : Agence Internationale de l'Énergie et Banque Mondiale

Annexes A : Feuilles de calcul

A.1 Check-list pour la planification

A.2 Évaluation des besoins énergétiques

A.3 Coût à long terme du carburant

A.4 Comparaison du coût de cycle de vie

A.5 Temps de retour sur investissement d'équipements économes en énergie

Ces feuilles de calcul sont disponibles en ligne : www.cameco.org/publications

A.1 Check-list pour la planification

TÂCHES et OPTIONS	Notes	Chapitres concernés	Réalisé
1. Évaluer les besoins énergétiques	Une évaluation énergétique aide à dimensionner et sélectionner une technologie, et à identifier les secteurs où l'énergie peut-être économisée.	2	
Évaluation énergétique de base	Utiliser la feuille de calcul "Évaluation énergétique de base" de l'annexe A.2		
Évaluation énergétique avancée	Prendre en compte le réseau électrique public existant, les charges critiques, les futurs changements dans la demande électrique, l'isolement de la radio, les variations quotidiennes des besoins et la qualité énergétique nécessaire.		
Évaluer l'expertise nécessaire	Quelles tâches peuvent être effectuées directement par le personnel de la radio, et lesquelles requièrent une expertise extérieure ? Tenir compte des spécificités, du niveau et de la disponibilité de l'expertise.		
2. Identifier les économies d'énergie potentielles	L'énergie la moins chère est celle dont on ne se sert pas.	2	
Remplacer l'équipement inefficace	Utiliser la feuille de calcul « Période de retour sur investissement » de l'annexe A.5 pour analyser les économies de coût à long terme d'un équipement efficace énergétiquement.		
Réduire la consommation d'énergie	En fermant les fenêtres ou en éteignant les ordinateurs par exemple. C'est la façon la plus simple d'économiser de l'énergie, et cela demande des efforts minimes, mais continus de la part du personnel.		
Redistribuer la charge énergétique	Peut comprendre le déplacement des heures de travail pour correspondre avec celles durant lesquelles le réseau public est disponible, ou mieux répartir l'utilisation de l'énergie durant la journée.		
Revoir l'évaluation énergétique	Rectifier l'évaluation énergétique en se basant sur les économies énergétiques (réalistes) futures.		
3. Sélectionner un système et une technologie énergétique	Les technologies peuvent inclure une régulation, un stockage et une génération supplémentaire si nécessaire.	3, 5, 6, 7	
Régulation et protection	Peut inclure un régulateur de tension, un moniteur de tension, une ASI (ou UPS), un paratonnerre, des batteries de protection, ou un recâblage qui améliore la protection. Peut également inclure une protection spéciale des charges critiques.	3, 7	
Stockage	Des batteries peuvent stocker l'énergie du réseau public, d'un groupe électrogène, d'une TER ou d'une combinaison de ces derniers. Devrait également inclure un bon contrôleur de charge et (pour de l'équipement AC) un convertisseur.	3, 7	
Production	Peut comprendre : un groupe électrogène supplémentaire, ou une meilleure utilisation d'un groupe électrogène existant ; une ou plusieurs TER autonomes ; une ou plusieurs TER avec un groupe électrogène. Les systèmes hybrides peuvent utiliser une TER en soutien d'un groupe électrogène, et vice-versa.	3, 5, 6	

suite TACHES et OPTIONS	Notes	Chapitres connexes	Réalisé
Évaluation des performances	Prend en compte les ressources énergétiques, la durée de génération quotidienne de la technologie, et les facteurs de perte (l'illustration 4.2 du chapitre 4 reprend les facteurs de perte les plus répandus).	4	
Évaluation des coûts	Une analyse du coût de cycle de vie prend en compte tous les coûts d'une technologie durant son déploiement (voir la feuille de calcul de l'annexe A.4). Elle dépend des coûts initiaux, des coûts de fonctionnement et de la durabilité. Les coûts de remplacement des batteries sont relativement élevés.	4	
4. Planifier la gestion à long-terme	Dans l'idéal, un "gestionnaire de l'énergie" sera désigné comme responsable des tâches suivantes.	8	
Maintenance	Comprend le signalement des dysfonctionnements, le remplacement des pièces défectueuses ou abîmées, et la gestion d'un stock d'outils, de pièces détachées ou d'autres équipements.		
Evaluation	Comprend l'évaluation initiale et les réévaluations périodiques.		
Réaction aux changements énergétiques	Identifier et réagir aux changements de la charge énergétique provoqués par un nouvel équipement, une nouvelle équipe ou de plus longues périodes d'émission.		
Supervision des économies d'énergie	S'assurer que le personnel de la station est attentif aux démarches d'économie énergétique planifiées.		
Formation	Comprend la formation des techniciens et du personnel de la station à l'exploitation et la maintenance de la technologie, et à l'efficacité énergétique.		
Partage de l'expérience, de l'expertise et de l'énergie	L'expérience et l'expertise (y compris les techniciens) peuvent être partagées entre radios. L'énergie peut être partagée avec d'autres membres de la communauté.		
5. Interagir avec les fournisseurs de technologies énergétiques	Savoir comment choisir un fournisseur et ce qu'on peut attendre de lui.	9	
Sélection d'un revendeur ou d'un consultant	Le fournisseur a-t-il : de l'expérience au niveau de la tâche et de la région propre au projet ; une longue expérience dans le domaine ; un jugement impartial par rapport aux différentes technologies ? Peut-il fournir une garantie ? Que disent-les précédents clients à propos de ce fournisseur ?		
Mener à bien l'installation	Le fournisseur devrait proposer : une visite du site ; formation et conseil ; une fiche technique ou un manuel d'utilisation ; des informations sur les normes ; des garanties ; une information complète des coûts.		

A.2 Évaluation des besoins énergétiques

Les équipements les plus fréquents sont déjà mentionnés sur la feuille de calcul.

On trouvera à l'annexe B.1 une liste des puissances estimées des équipements habituels d'une station radio.

Le chapitre 2 contient plus d'informations sur la façon de procéder à une évaluation des besoins en énergie d'une station.

Une version en ligne de cette check-list est disponible au téléchargement depuis le site www.cameco.org/publications.

Équipements	Puissance par unité (kW)	Nombre	Puissance totale (kW)	Heures par jour (h)	Énergie totale quotidienne (kWh)
	A	B	C = A x B	D	= C x D
Émission					
Émetteur					
Processeur audio					
Équipement de studio					
Ordinateur					
Table de mixage					
Lecteur CD					
Lecteur de cassettes					
Enregistreur Mini-disc					
Amplificateur					
Baffles/Diffuseurs					
Micros					
Appareils					
Ventilateur					
Climatiseur					
Éclairage (lampes)					
Frigidaire					
Équipement de bureau					
Ordinateur de bureau					
Ordinateur portable					
Imprimante					
Photocopieuse					
Téléphone					
Autres					
TOTAL					

A.3 Coût à long terme du carburant

Les coûts en carburant des groupes électrogènes sont en général beaucoup plus élevés que leur coût initial ; et pourtant ces coûts sont souvent « ignorés », car ils ne sont payés que dans le futur. La feuille de calcul ci-dessous aide à évaluer le coût à long-terme du carburant, l'énergie produite par un groupe électrogène et le coût normalisé du carburant pour produire 1 kWh d'énergie à partir d'un groupe électrogène, coût exprimé en dollar par kWh. Cette valeur peut aider à comparer l'efficacité économique des groupes électrogènes avec d'autres sources d'énergie.

L'utilisateur trouvera au **chapitre 6** plus d'informations sur les groupes électrogènes (incluant les générateurs au diesel).

Les cases blanches de la colonne « Valeur » doivent être complétées en utilisant les données spécifiques à la radio ; les cases grises peuvent être remplies en utilisant l'équation adéquate qui se trouve dans la colonne « Calculs ». Une version en ligne, contenant les équations et prête à l'emploi, est disponible au téléchargement sur le site www.cameco.org/publications.

PARAMÈTRE	Unité	Valeur	#	Calcul
Coût de carburant par unité de volume	$ par volume*		A1	
Volume d'un bidon de carburant	volume*		A2	
Heures de production par jour (en établissant la moyenne sur un an)	Nb d'heures par jour		A3	
Durée totale de production pour un réservoir de carburant	Nb d'heures par réservoir		A4	
Coût du carburant sur une année	$		A	= (A1 x A2 x A3 x 365) / A4
Puissance moyenne du générateur en fonctionnement	kW		B1	
Énergie du générateur	kWh par jour		B	= A3 x B1
Coût moyen du carburant	$/kWh		C	= A / (B x 365)

*N'importe quelle unité de volume de carburant fonctionnera ici (par exemple des litres, des gallons américains, des gallons anglais). Mais la même unité doit être utilisée à chaque fois qu'on utilise un volume de carburant dans un calcul donné.

A.4 Comparaison du coût de cycle de vie

La feuille de calcul de la page suivante peut être utilisée pour comparer le coût annuel de trois systèmes énergétiques, en prenant en compte les coûts principaux de cycle de vie de chaque option. Les options peuvent être comparées par leur coût normalisé (le coût par kWh produit) et leurs coûts annualisés (leur coût annuel).

L’avantage de l’utilisation du coût normalisé est qu’il prend en compte la quantité d’énergie produite par les différents systèmes : cette manière de faire donne une comparaison équitable entre les systèmes, même s’ils produisent différentes quantités d’énergie.

L’avantage de l’utilisation du coût annualisé est qu’il montre le coût de l’énergie sur le long terme. Par contre, si différents systèmes ont une production énergétique différente, le coût annualisé de l’énergie n’est pas un moyen de comparaison équitable entre les options.

D’autres points d’attention :

Tous les types de coût listés ne sont pas applicables à chaque système énergétique. Par exemple, les groupes électrogènes sont soumis à coût de fonctionnement par kWh produit (le coût du carburant), ce qui n’est pas le cas des technologies à énergie renouvelable.

Certains types de coût ont différentes façons d’exprimer le même coût. Par exemple le coût annuel de la maintenance peut être exprimé comme un coût absolu ou comme un pourcentage du coût initial de l’option. Les types de coût qui sont utilisés pour chaque option dépendent de la façon dont le revendeur ou le fabricant a exprimé ces coûts.

La feuille de calcul ne prend pas en compte le taux d’actualisation, un phénomène financier qui rend un paiement différé plus onéreux qu’un paiement immédiat de la même somme.

PARAMÈTRES	Unité	Système A	Système B	Système C	#	Calculs
Production énergétique quotidienne moyenne sur un an	kWh/jour				A1	
Production énergétique annuelle(1)	kWh				A	= A1 x 365
Coût initial	$				B1	
Durée de vie	année				B2	
Coût initial annualisé	$/an				Ba	= B1 / B2
Coût initial normalisé	$/kWh				Bl	= Ba / A
Coût du carburant annualisé	$/an				Ca	
Coût du carburant normalisé(2)	$/kWh				Cl	= Ca / A
Pourcentage du coût de la maintenance	% du coût initial par an				D1	
Coût initial	$				D2	
Pourcentage du coût de maintenance annualisé	$/an				Da	= D1 x D2 / 100
Pourcentage du coût de maintenance normalisé(3)	$/kWh				Dl	= Da / A
Coût de remplacement des pièces 1	$				E1	
Fréquence de remplacement 1	année				E2	
Coût de remplacement annualisé 1	$/an				Ea	= E1 / E2
Coût de remplacement normalisé 1(4)	$/kWh				El	= Ea / A
Coût de remplacement des pièces 2	$				F1	
Fréquence de remplacement 2	année				F2	
Coût de remplacement annualisé 2	$/an				Fa	= F1 / F2
Coût de remplacement normalisé 2	$/kWh				Fl	= Fa / A
Autres coûts normalisés(5)	$/kWh				Gl	
"Autres coûts normalisés" annualisés	$/an				Ga	= Gl x A
COÛT TOTAL NORMALISÉ	$/kWh					= Bl + Cl + Dl + El + Fl + Gl
COÛT TOTAL ANNUALISÉ	$/an					= Ba + Ca + Da + Ea + Fa + Ga

Les cases blanches de la colonne « Valeur » doivent être complétées en utilisant les données spécifiques à la radio ; les cases grises peuvent être remplies en utilisant l'équation adéquate qui se trouve dans la colonne « Calculs ». Une version en ligne, contenant les équations et prête à l'emploi, est disponible au téléchargement sur le site www.cameco.org/publications.

L'utilisateur du guide trouvera au **chapitre 4** plus d'informations sur l'évaluation des coûts des technologies génératrices d'énergie.

(1) La production annuelle d'une technologie est utilisée pour calculer le coût normalisé du système retenu.

(2) Les coûts annualisés et normalisés du carburant peuvent être calculés en utilisant la feuille de calcul de l'**annexe A.3.**

(3) Les coûts de maintenance des technologies à énergie renouvelable sont souvent exprimés (y compris dans ce guide) en termes de pourcentage du coût initial de la technologie par an : par exemple les panneaux solaires peuvent avoir des coûts annuels de maintenance de 2 % du coût initial des panneaux.

(4) Un coût de remplacement est le coût d'un composant : p. ex. une pale d'éolienne, une batterie ou un système d'alignement pour panneaux solaires. Il ne se réfère pas au coût de remplacement de tout le système (le remplacement d'une installation PV p. ex.). Comme il peut y avoir plusieurs éléments à remplacer à différents moments et à différents coûts, cette feuille de calcul contient des cases vides pour les coûts de remplacement de deux composants (« Coût de remplacement 1 » et « Coût de remplacement 2 ») ; il est possible d'en ajouter.

(5) Cette catégorie concerne les coûts qui sont déjà exprimés en coûts normalisés ; les compagnies d'électricité expriment le plus souvent le coût du réseau électrique public en dollars par kWh.

A.5 Temps de retour sur investissement d'équipements économes

L'équipement plus économe en énergie (comme un écran d'ordinateur LCD ou une lampe à haute efficacité) a souvent un coût initial plus élevé que l'équipement énergivore – mais le supplément de coût est souvent compensé par les économies sur le coût de l'énergie. La feuille de calcul ci-dessous peut-être employée pour déterminer la période de retour sur investissement (en jours, mois et années) pour un dispositif électrique plus économe. La période de retour sur investissement est la durée durant laquelle un dispositif économe doit fonctionner pour que l'argent économisé en réduisant les dépenses énergétiques compense la différence de coût initial pour ce dispositif.

PARAMÈTRES	Valeur	#	Calcul
Coût initial de l'équipement énergivore ($)		A1	
Coût initial de l'équipement économe ($)		A2	
Différence de coût ($)		A	= A1 - A2
Consommation moyenne de l'équipement économe (kW)		B1	
Durée d'utilisation quotidienne de l'équipement énergivore (heures)		B2	
Consommation économique quotidienne de l'équipement économe (kWh)		B	= B2 x B1
Consommation moyenne de l'équipement énergivore (kW)		C1	
Consommation moyenne de l'équipement énergivore (kW)		C2	
Consommation économique quotidienne de l'équipement énergivore (kWh)		C	= C2 x C1
Différence de consommation quotidienne (kWh)		D1	= C – B
Coût de l'énergie ($/kWh)		D2	
Économie par jour ($)		D	= D1 x D2
TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT (JOURS)		E1	= A / D
TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT (MOIS)		E2	= E1 / 30
TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT (ANNEES)		E3	= E1 / 365

Cette feuille de calcul suppose que les éléments économes et énergivores remplissent chacun correctement leur fonction et durent aussi longtemps l'un que l'autre.

Les cases blanches dans la colonne « Valeur » doivent être complétées en utilisant les données spécifiques à la radio ; les cases grises peuvent être remplies en utilisant l'équation adéquate qui se trouve dans la colonne « Calculs ». Une version en ligne, contenant les équations et prête à l'emploi, est disponible au téléchargement sur le site www.cameco.org/publications.

Les coûts approximatifs des sources d'énergie (en US$ cents/kWh) [4] sont :

Réseau électrique public :	4 — 8
Panneaux solaires :	50 — 60
Eolienne :	25 — 35
Générateur au diesel :	50 — 65
Installation pico/micro-hydraulique :	10 — 15

Remarque :

Les coûts des sources énergétiques sont uniquement des approximations, et ces coûts varient fortement dans des conditions différentes. Le coût du réseau électrique public (4 - 8 cents/kWh) ne prend pas en compte les coûts de stockage et de régulation de celui-ci. L'utilisation de batteries et d'équipement de régulation peut accroître fortement le coût de l'électricité publique.

Le **chapitre 2** contient plus d'informations sur les économies d'énergie d'une station de radio, y compris les économies engendrées par l'utilisation d'équipement plus économe.

Annexes B

B.1 Consommation de l'équipement clé

Le tableau ci-dessous indique la consommation énergétique et électrique typique des appareils et équipements d'une station de radio. Ces chiffres sont unique-

Équipement	Puissance (W)	Utilisation (h/jour)	Énergie par jour (Wh)
Émetteur*	300—8000	5—24	**1500—190000**
Climatiseur	500—1500	5—15	**2500—25000**
Ordinateur (bureau)	200—300	5—20	**1000—6000**
Ordinateur (portable)	50	5—20	**250—1000**
Ventilateurs (au plafond ou sur pied)	20—200	5—20	**100—4000**
Lampe (à incandescence)	20—100	2—12	**40—1200**
Lampe (CFL)	5—30	2—12	**10—360**
Lampe (à tube fluorescent)	20—40	2—12	**40—480**
Table de mixage	15—80	5—20	**75—1600**
Lecteur CD	10—25	5—20	**50—500**
Lecteur cassette	10—20	5—20	**50—400**
TV 12" Noir et blanc	15	1—4	**15—60**
TV 19" Couleur	60	1—4	**60—240**
TV 25" Couleur	130	1—4	**130—520**
Réfrigérateur/congélateur	variable	variable	**1100—3000**
Congélateur	variable	variable	**700—3000**
Bouilloire électrique	500—1500	variable	**500—3000**
Outils électriques		1—3	**100—800**

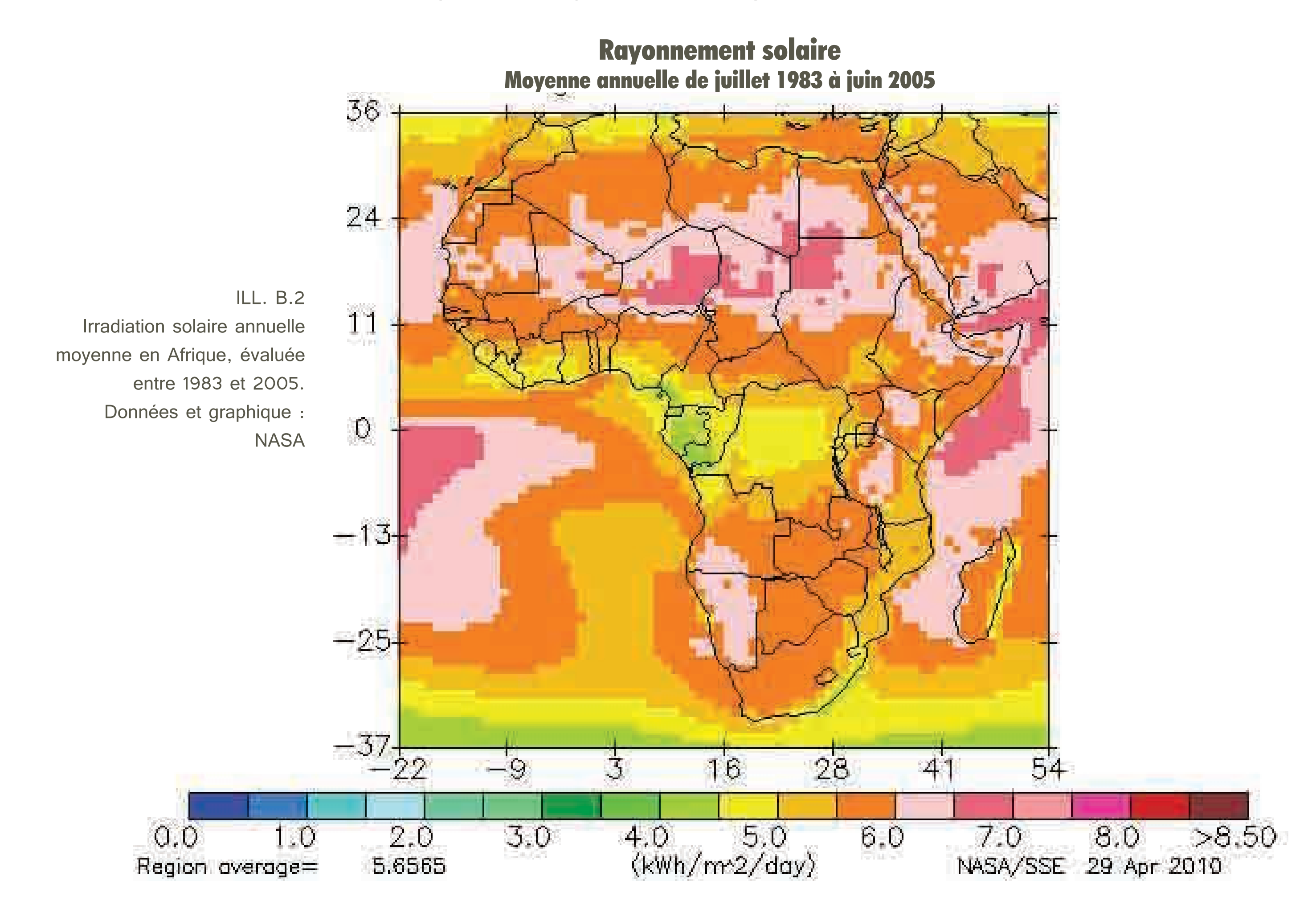
ILL. B.1
Consommation électrique et énergétique typique des appareils d'une radio.

* La consommation réelle d'un émetteur est deux ou trois fois supérieure à sa puissance d'émission.
Sources : « Energie Renouvelable pour les Ecoles Rurales », publié par le National Renewable Energy Laboratory, Nov. 2000 : www.nrel.gov/docs/fy01osti/26222.pdf (document consulté en mars 2010). Données publiées avec la permission du NREL.

ment des approximations – une estimation plus précise des consommations électriques et énergétiques d’une radio peut être effectuée en utilisant les données de l’équipement fournies par le fabricant ou en prenant des mesures directes sur cet équipement. Le **chapitre 2** propose plus d’informations sur la consommation de l’équipement d’une radio et sur des manières d’économiser de l’énergie sur cet équipement.

B.2 Carte d’irradiation solaire de l’Afrique

Ci-dessous se trouve une carte de l’irradiation solaire (ou « insolation ») annuelle moyenne en Afrique. La carte a été générée en utilisant l’outil de la NASA



ILL. B.2
Irradiation solaire annuelle moyenne en Afrique, évaluée entre 1983 et 2005.
Données et graphique : NASA

« météorologie et énergie solaire de surface » (http://eosweb.larc.nasa.gov/sse). L'utilisation de cet outil en ligne est gratuite. Il peut fournir des données numériques et graphiques détaillées pour des endroits précis d'Afrique.

Comme le montre la carte, la plupart des régions africaines ont une irradiation solaire entre 4 et 6 kWh/m²/jour. Selon les normes globales, 4 correspond à une insolation moyenne, 5 à une insolation élevée, 6 à une insolation très élevée ; les régions au-dessus de 6 sont très rares.

Remarques :

1 kWh/m² par jour équivaut à 1 heure d'ensoleillement ou à une heure de plein soleil. Les modules PV sont estimés en fonction de leur production sous plein soleil. Un module évalué à 100 Wc par exemple produira 100 Wc en plein soleil. Si un module reçoit 5 heures d'ensoleillement par jour, il produira 500 Wh ou 0,5 kWh d'énergie par jour, avant de prendre en compte les facteurs de perte (100 Wc x 5 heures d'ensoleillement = 500 Wh). Les pertes dues aux températures élevées, au câblage, aux batteries et au convertisseur impliquent une rectification de 50 % à 60 % pour obtenir l'énergie électrique utilisable produite par le module par jour.

La carte montre uniquement le potentiel solaire. Elle prend en compte la couverture nuageuse moyenne, mais pas les obstructions locales comme les arbres et les bâtiments. Les variations d'irradiations solaires au cours d'un jour ou d'une année ne sont pas non plus comptabilisées.

La variation annuelle sur le graphique est une valeur moyenne. Même dans les zones montrées comme très irradiées sur la carte, il peut y avoir de longues périodes durant lesquelles cette insolation est faible, en raison d'une couverture nuageuse (pendant la saison des pluies par exemple).

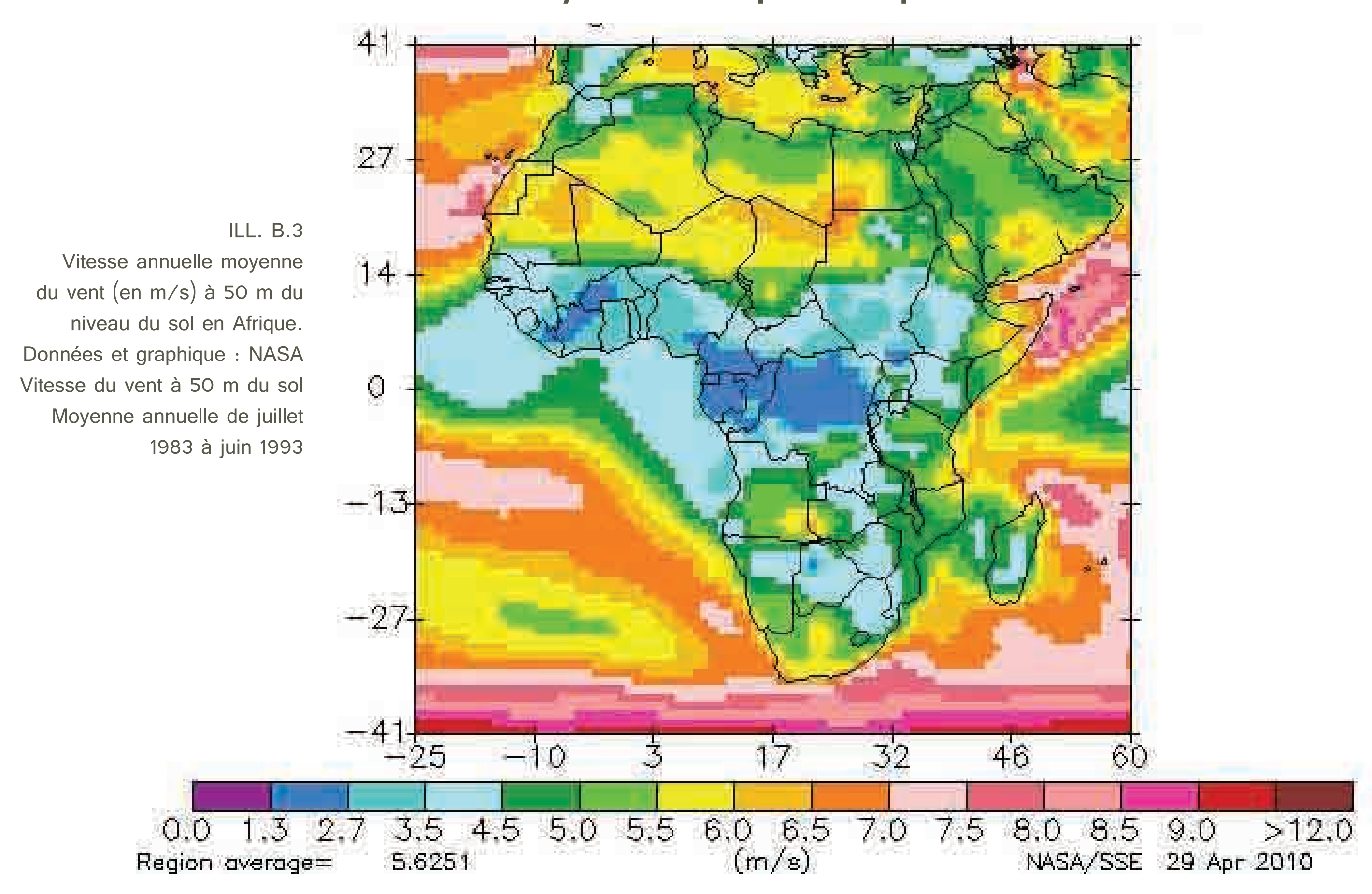
Le lecteur trouvera au **chapitre 5** plus d'informations sur les panneaux solaires. Le **chapitre 4** propose une analyse des performances et des coûts d'un système énergétique modèle basé sur les panneaux solaires.

B.3 Carte du vent en Afrique

Ci-dessous se trouve une carte de la vitesse moyenne du vent en Afrique. La carte a été générée en utilisant l'outil de la NASA « météorologie et énergie solaire de surface » (http://eosweb.larc.nasa.gov/sse). L'utilisation de cet outil en ligne est gratuite. Il peut fournir des données numériques et graphiques détaillées pour des endroits précis d'Afrique.

Vitesse du vent à une hauteur de 50 m

Moyenne annuelle de juillet 1983 à juin 1993



ILL. B.3
Vitesse annuelle moyenne du vent (en m/s) à 50 m du niveau du sol en Afrique.
Données et graphique : NASA
Vitesse du vent à 50 m du sol
Moyenne annuelle de juillet 1983 à juin 1993

Comment utiliser cette carte. La carte montre les vitesses de vent à 50 mètres au-dessus du sol pour le continent africain, calculées en moyenne annuelle sur une période de 10 ans. Comme les turbines sont habituellement placées à moins de 50 mètres du sol, la carte ne constitue pas un indicateur précis de la puissance des vents pour les turbines placées en Afrique. Elle peut être employée pour identifier les régions qui sont **presque certainement impropres** à l'implantation d'un système à énergie éolienne (puisque le vent disponible à hauteur de turbine est rarement plus important que celle à 50 mètres). De même, elle peut être utilisée pour déterminer quelles régions **pourraient convenir** aux systèmes éoliens. Cependant, les régions connaissant des vents forts peuvent en réalité être peu venteuses ; une évaluation du vent au niveau local est nécessaire pour obtenir une mesure précise. Les chiffres ci-dessous peuvent être utilisés pour évaluer le potentiel d'un site :

Peu ou pas de potentiel pour installer un système éolien : moins de 3,5 m/s

Un certain potentiel pour installer un système éolien : entre 3,5 et 5 m/s

Un fort potentiel pour installer un système éolien : 5 m/s ou plus

Le lecteur trouvera dans le **chapitre 5** plus d'informations sur les éoliennes. Le **chapitre 4** propose une analyse des performances et des coûts d'un système énergétique éolien. L'**annexe B.4** présente certaines données qui peuvent être utiles lorsqu'on évalue la production énergétique quotidienne d'une éolienne.

B.4 La production énergétique théorique d'une éolienne

Le tableau ci-dessous indique la production énergétique théorique (en kWh par jour) d'une éolienne pour quatre vitesses de vent et une gamme de diamètre de pale. L'interprétation du tableau requiert une attention aux points suivants :

Les valeurs du tableau sont des **moyennes** ; en pratique il y aura des variations journalières considérables autour de ces moyennes.

Les valeurs sont également **théoriques** : une petite turbine très efficace pourra convertir la moitié de sa production théorique en énergie utile, tandis qu'une turbine inefficace pourrait n'en convertir qu'un quart. Ces suppositions ne prennent pas en compte les pertes dans le câblage et le convertisseur.

Techniquement, les valeurs du tableau supposent une efficacité de conversion de 59 % (la limite de Betz) et 1,89 comme valeur du paramètre par lequel l'énergie est accrue en raison de la distribution des vitesses du vent.

La vitesse du vent dans le tableau est la vitesse moyenne du vent disponible pour la turbine. Elle peut être déterminée en effectuant une évaluation locale du vent.

Le diamètre de pale de la turbine (à ne pas confondre avec son rayon) est habituellement fourni par le fabricant.

Par exemple, une turbine de 3,5 m de diamètre de pale aura une production théorique de 20 kWh par jour pour des vents avoisinants les 5 m/s. Une petite turbine très efficace pourra en convertir la moitié en énergie utilisable pour produire 10 kWh par jour en moyenne (sans tenir compte des pertes électriques dans le câblage, le rectifieur et le convertisseur). Une turbine inefficace peut quant à elle n'atteindre que 5 kWh par jour dans les mêmes conditions, avant la prise en compte des pertes électriques.

ILL. B.4
Production énergétique moyenne théorique (en kWh par jour) pour quatre vitesses de vent et une gamme de diamètres de pale.

kWh/jour		Diamètre de pale (m)												
		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8
Vitesse du vent (m/s	3	0,35	0,78	1,4	2,2	3,1	4,3	5,6	7,1	8,7	11	13	17	22
	4	0,83	1,9	3,3	5,2	7,4	10	13	17	21	25	30	40	53
	5	1,6	3,6	6,5	10	15	20	26	33	40	49	58	79	103
	6	2,8	6,3	11	17	25	34	45	56	70	84	100	137	178

Sources : Hugh Piggott ; analyse de l'auteur

Les valeurs de l'illustration B.4 peuvent également être calculées pour des vitesses de vent et des diamètres donnés en utilisant la formule :

E = 0,0129 x D ^ 2 x v ^ 3

E = l'énergie par jour (en kWh) ; D = le diamètre de pale de la turbine (en m) et v = la vitesse du vent (en m/s). Les valeurs obtenues grâce à cette formule sont, tout comme celles du tableau de l'illustration B.4, des moyennes théoriques.

Annexes C

C.1 Fiches techniques de modules photovoltaïques (PV)

Quelques informations-clés généralement mentionnées sur les fiches techniques des modules PV sont expliquées ci-dessous. Le module pris en exemple ici est un Schott InDaX 185.

1. Type de cellule

La majorité des modules PV sont composés de cellules en silicone amorphe, en silicone monocristallin, et en silicone polycristallin.

Caractéristiques

Nombre de cellules PV par module	48
Type de cellule PV	MAIN-Iso (multi-cristallin, 156 mm x 156 mm)
Boîte de connexion	IP65 avec 3 diodes de dérivation
Connecteur	Connecteurs Tyco Solarlok IP67
Dimensions de la boîte de connexion [mm]	110 x 115 x 25
Face avant	Verre solaire à faible teneur en fer, épaisseur 4,0 mm
Face arrière	Film polymère
Matériau du cadre	Aluminium anodisé, noir

2. Tension du système

La tension maximale permise entre les modules PV.

Valeurs limites

Tension du système max. admissible [V_{DC}]	1000
Courant inverse maximal I_R [A]*	20
Température du module admissible [°C]	-40 ... +85
Charge max. (selon CEI 61215 ed. 2)	Pression : 5.400 N/m² ou 550 kg/m² Dépression : 2.400 N/m² ou 245 kg/m²
Classe d'application (selon CEI 61730)	A
Classement au feu (selon CEI 61730)	C

** Ne pas soumettre le module à une tension externe dépassant U_{co}.*

3. Permissions et certificats

Ce module doit répondre aux normes internationales pour les modules PV, administrées par la Commission électrotechnique internationale.



Certifications

Les modules sont certifiés et autorisés selon les normes CEI 61 730, CEI 61215 ed. 2 et CEI 61 701, DIN EN 15601 et DIN V EN V 1187 part 1 et 3. Ils correspondent à la classe de protection électrique II, ainsi qu'aux directives CE. De plus SCHOTT Solar est certifié et enregistré selon ISO 9001 et ISO 14001

4. Puissance nominale sous conditions de test (STC)

La puissance fournie par le module sous conditions standards (ou idéales). La puissance nominale ne prend pas en compte les pertes électriques dans les câbles et le convertisseur, ni les pertes dues à des conditions météorologiques non idéales (comme lorsque le ciel est très couvert). Cette puissance considère également que le module est orienté directement face au soleil en permanence (une hypothèse irréaliste, principalement pour les installations PV sans système d'alignement).

La production des cellules amorphes décroît au cours des premiers mois d'utilisation avant de se stabiliser, d'où les deux valeurs (« valeur initiale » et « valeur stabilisée ») pour la puissance nominale du module. La puissance « initiale » *n*'est *pas* un indicateur précis de la production à long terme du module. Il faut plutôt utiliser la valeur stabilisée pour effectuer les calculs.

Données électrique sous STC

Type de module		SCHOTT InDaX® 185
Puissance nominale [Wc]	P_{mpp}	≥ 185
Tension nominale [V]	U_{mpp}	23,8
Courant nominal [A]	I_{mpp}	7,8
Tension à vide [V]	U_{co}	29,2
Courant de court-circuit [A]	I_{cc}	8,44
Rendement du module (%)	η	13,5

STC (1000 W/m², AM 1,5, température de cellule 25°C)
Puissance mesurée (Tri positif) -0 W / +4,99 W

5. Niveau d'efficacité du module

Il s'agit de la proportion d'énergie solaire disponible que le module convertit en énergie électrique utilisable. Une efficacité modulaire de 6 % signifie que pour 1 000 W d'énergie solaire disponible, le module produira 60 W d'énergie électrique.

Données sous conditions de faible ensoleillement

En cas d'une faible intensité du rayonnement solaire de 200 W/m² (spectre AM 1,5 et température de cellule de 25°C), 97 % du rendement STC (1000 W/m²) sont atteints.

6. Données à température normale de cellule en fonctionnement (NOCT)

Les données de ce tableau s'appliquent pour des conditions en dessous des conditions idéales, par exemple pour une irradiation de 800 W/m² et non de 1 000 W/m². C'est pourquoi les données de ce tableau sont plus réalistes que celles contenues dans le tableau des conditions standards de test (STC). Pour les modules décrits sur cette fiche technique, la puissance estimée sous TNCF est environ 20 % plus basse que la puissance nominale sous CST (par exemple, 133 Wc au lieu de 185 Wc pour le modèle Schott InDaX 185).

Données à température de fonctionnement normale (NOCT)

800

Puissance nominale [Wc]	P_{mpp}	133
Tension nominale [V]	U_{mpp}	21,4
Tension à vide [V]	U_{co}	26,7
Courant de court-circuit [A]	I_{cc}	6,75
Température des cellules [°C]	T_{NOCT}	47,2

NOCT (800 W/m², AM 1,5, vitesse de vent 1 m/s, température ambiante 20°C)

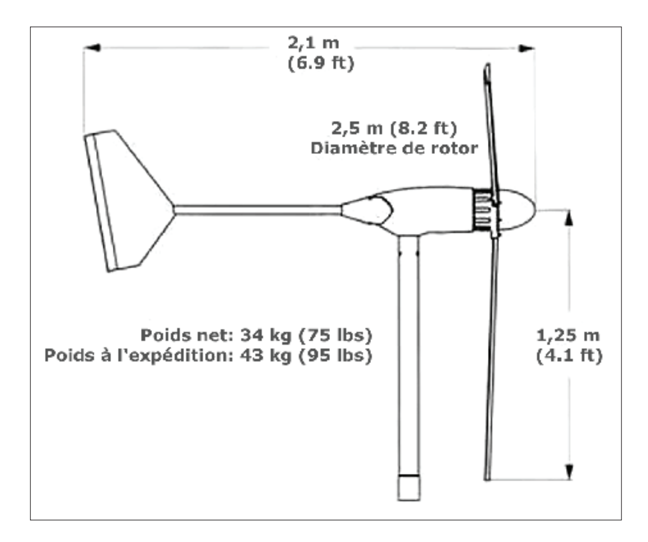
ILL. C.1
Tous les tableaux : Schott Solar

C.2 Fiche technique d'une éolienne

Certaines informations-clés d'une éolienne sont expliquées ci-dessous. L'exemple est celui d'une éolienne Bergey XL.1. Les illustrations sont extraites de la fiche technique de cette éolienne uniquement disponible en anglais, même quand on accède au site en français.

1. Diamètre de rotor

Le diamètre de rotor (2,5 m sur ce modèle) est le meilleur indicateur de la puissance potentielle d'une turbine.



2. Puissance estimée (nombre unique)

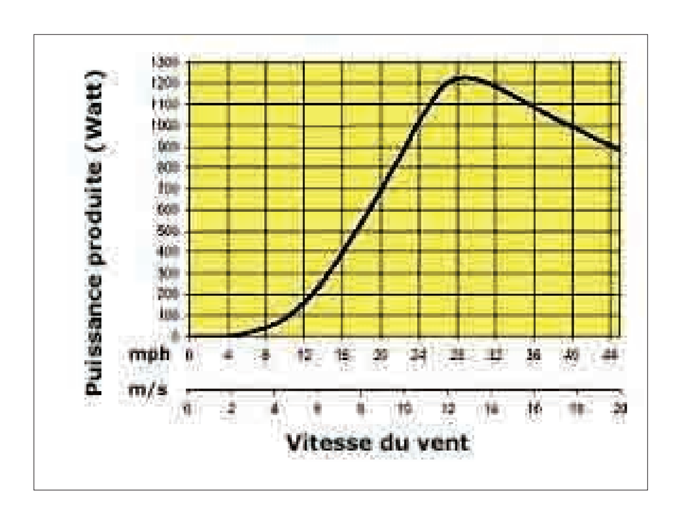
La puissance de l'éolienne est évaluée à 1 000 W pour une vitesse du vent de 11 m/s, ce qui est une vitesse assez rare en pratique.

Performance

Start-up Wind Speed ... 6.7 mph (3 m/s)
Cut-In Wind Speed ... 5.6 mph (2.5 m/s)
Rated Power ... 1,000 Watts
Rated Wind Speed ... 24.6 mph (11 m/s)
Rated Rotor Speed ... 490 RPM
Furling Wind Speed ... 29 mph (13 m/s)
Max. Design Wind Speed ... 120 mph (54 m/s)

3. Courbe de puissance

Cette courbe donne la puissance pour une gamme de vitesses constantes du vent. Pour des vitesses de vent réalistes (de 4 à 8 m/s), la production est inférieure à 500 W, ce qui est nettement inférieur à la puissance estimée par un nombre unique, qui était de 1 000 W.



4. Production énergétique à long terme, au sommet de la tour

Ce tableau montre la production énergétique (en kWh) journalière, mensuelle et annuelle de l'éolienne, pour différentes vitesses moyennes de vent *mesurées au sommet de la tour*. Les valeurs énergétiques s'appliquent pour n'importe quelle hauteur de tour ; l'utilisateur peut mesurer la vitesse du vent au sommet d'une tour avec un anémomètre. Les chiffres de ce tableau (contrairement à la courbe de puissance) prennent en compte les variations de la vitesse du vent autour de sa valeur moyenne.

Predicted Energy Production

Wind Speeds Taken at Top of Tower

Annual Average Wind Speed (m/s)		3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5
Annual Average Wind Speed (mph)		7.8	8.9	10.1	11.2	12.3	13.4	14.5
Production in kWh (24 VDC)	Daily	1.9	2.8	3.9	5.1	6.4	7.7	8.9
	Monthly	55	85	115	155	195	235	270
	Annually	680	1,010	1,410	1,850	2,320	2,790	3,260

5. Production énergétique à long terme, à 10 mètres

Ce tableau représente la production énergétique de l'éolienne pour différentes vitesses de vent mesurées à 10 mètres du sol. La production énergétique dépend de la hauteur de la tour ; le tableau donne les valeurs énergétiques pour trois hauteurs de tour différentes : 30 pieds ou 9 m, 64 pieds ou 20 m et 104 pieds ou 32 m.

ILL. C.2
Tous les schémas et tableaux proviennent de la fiche technique d'une éolienne Bergey XL.1.
Source : Dispaq, Canada : http://www.dispaq.ca/francais/bergey-xl1-wind-turbine-1.html

Wind Speeds Taken at 10 meters (per standard wind resource maps)

		US-DOE Wind Power Class	1	2	3	4	5	6	7
		Annual Average Wind Speed (mph)	~ 8.9	~ 10.7	~ 12.1	~ 13.0	~ 13.9	~ 15.0	~ 18.8
		Annual Average Wind Speed (m/s)	~ 4.0	~ 4.8	~ 5.4	~ 5.8	~ 6.2	~ 6.7	~ 8.4
Production in kWh (24 VDC)	30 ft (9m) Tower	Daily	2.6	4.3	5.8	6.8	7.8	9.1	12.7
		Monthly	80	130	175	205	240	275	385
	64 ft (20m) Tower	Daily	4.1	6.4	8.2	9.3	10.4	11.7	14.7
		Monthly	125	195	250	285	320	355	445
	104 ft (32m) Tower	Daily	5.2	7.8	9.7	10.9	12.0	13.1	15.4
		Monthly	160	235	295	330	365	400	465

Assumptions : Inland site, Rayleigh Wind Distribution, Shear Exponent = 0.20, Altitude = 1000ft (300m)
Note : Battery charge regulation (batteries full) and wire run losses will reduce actual XL.1 performance
Your Performance May Vary.

6. Rectification conseillée

Les estimations de la fiche technique ne prennent pas en compte les pertes dans les câbles de transmission, le chargement des batteries ou le convertisseur.

Annexes D

D.1 Ressources clés

Cette première partie de l'annexe D propose une liste de sites web et d'organisations qui peuvent aider les utilisateurs à trouver de l'information et à identifier des consultants, des fournisseurs et des opportunités de formation dans les divers secteurs de la gestion de l'énergie, en particulier des énergies renouvelables. Certains sites sont uniquement en anglais, mais l'utilisation d'outils de traduction en ligne comme Google Traduction (http://translate.google.fr) permettra aux personnes qui ne maîtrisent pas l'anglais d'en tirer également profit.

Sites Web

ENergy Focus (ENF)
Un répertoire d'entreprises dans le secteur de l'énergie solaire dans le monde, y compris des sociétés basées en Afrique.
www.enf.cn

Global Village Energy Partnership (GVEP International)
Une ONG contribuant à la réduction de la pauvreté en facilitant l'accès à des services énergétiques abordables et durables. Le site web du GVEP comprend une base de données de projets dans le secteur de l'énergie, d'opportunités de financement, d'organisations ainsi qu'un forum de discussion en ligne.
www.gvepinternational.org

NASA – Base de données des ressources solaires et éoliennes
Source d'informations libre d'accès sur les ressources solaire et éolienne dans le monde. Il comprend des informations sous forme textuelle et des cartes colorées en fonction d'un certain nombre de paramètres, de la couverture nuageuse quotidienne jusqu'aux précipitations.
eosweb.larc.nasa.gov/sse

Practical Action - Service d'Information Technique

Service d'information en ligne donnant des informations techniques gratuites aux agents de développement, aux organisations communautaires, aux ONG ou à tout autre groupe qui utilisent la technologie appropriée (y compris les technologies énergétiques) pour aider au développement durable.

www.practicalaction.org/practicalanswers/technical_enquiry_service.php

Renewables4Africa

Contient des liens vers les sites web Wind4Africa, Solar4Africa et Hydro4Africa, tous administrés par le consultant en énergie sud-africain Wim Jonket Klunne. Les sites contiennent des forums, des répertoires, des études de cas et d'autres ressources concernant les principales technologies à énergie renouvelable.

renewables4africa.net/index.php

Renewable Energy Toolkit (REToolkit)

Un site de la Banque Mondiale proposant des ressources sur les technologies à énergie renouvelable, pour les utilisateurs et les agents de développement.

www.worldbank.org/retoolkit

Organismes

ADEME - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

Établissement public français à caractère industriel et commercial. L'ADEME participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Dans les domaines de la maîtrise de l'énergie et de la protection de l'environnement, l'ADEME contribue au renforcement des capacités institutionnelles des pays candidats à l'adhésion à l'Union européenne et des pays en développement. Elle intervient dans le cadre d'accords de coopération bilatérale ou de projets de jumelages de la Commission européenne. On trouvera sur le site de l'ADEME de nombreuses informations et documentations utiles et approfondies sur les diverses énergies, dont certaines téléchargeables gratuitement, ainsi qu'un glossaire.

www2.ademe.fr

Centre africain des Technologies appropriées et des Énergies nouvelles et renouvelables (ACREST)

Une organisation basée au Cameroun qui apporte de l'information, des formations et de l'équipement pour les TER en Afrique.

www.acrest.org

Courriel : info@acrest.org

Centre for Energy, Environment and Engineering Zambia (CEEZ)

Une ONG basée en Zambie qui réalise des recherches sur les questions de politique énergétique ainsi que des études, de la recherche et du développement, de la consultance et des formations dans le secteur de l'énergie.

cdmsusac.energyprojects.net/viewcategory.asp?ID=4

Contact: Prof. Francis D. Yamba

Courriel: f.d.yamba@eng.unza.zm

East African Energy Technology Development Network Uganda (EAETDN-U)

Un réseau d'organisations dont le but est d'accroître l'accès à l'énergie pour les ménages et les entreprises par la promotion d'une énergie comme source de revenus et de bien-être. Le réseau est basé en Ouganda, mais possède des membres au Kenya et en Tanzanie.

www.energynetworkuganda.org

Courriel : sengendo@infocom.co.ug

ENDA Énergie, Environment et Dévelopment

Une branche de l'organisation ENDA Tiers Monde basée au Sénégal. Leur travail concerne l'utilisation et la gestion de l'énergie dans le contexte africain, avec un accent sur le lien entre énergie et développement.

energie.enda.sn/ et endaenergy.org/

International Solar Energy Society (ISES)

L'association des fabricants, fournisseurs, entrepreneurs, consultants, décideurs politiques et des utilisateurs de l'énergie solaire. La société possède une branche africaine basée en Afrique du Sud.

www.ises.org

Contact ISES Afrique : Prof. Dieter Holm

Courriel: dieterholm@worldonline.co.za

Kumasi Institute of Technology and Environment (KITE)

Un groupe basé au Ghana qui soutient l'énergie durable et le développement industriel basé sur les possibilités technologiques. Ce groupe mène également des projets de recherche et est actif aussi dans la réalisation d'études de faisabilité, la gestion et l'évaluation de projets.

www.kiteonline.net

Courriel : info@kiteonline.net

Mali Folkecenter (MFC)

Une ONG malienne soutenant la gestion durable des ressources naturelles et l'utilisation de ces ressources pour stimuler la croissance économique locale et le développement durable, en partenariat avec la population et les entrepreneurs locaux.

www.malifolkecenter.org

Courriel : se référer au site web pour y trouver les contacts spécifiques.

Practical Action

Une organisation anglaise qui aide les personnes à travers le monde à choisir et à utiliser des technologies simples, mais appropriées. Leurs principaux bureaux africains se trouvent au Soudan, au Zimbabwe et au Kenya. Les filiales kényane et zimbabwéenne de Practical Action ont des « centres de ressources » disposant de milliers de documents écrits sur les technologies (y compris les technologies énergétiques) qui peuvent améliorer les vies de la population des régions pauvres du monde.

Contacts pour Practical Action UK : www.practicalaction.org

Courriel : practicalaction@practicalaction.org.uk

Contacts régionaux : www.practicalaction.org/about-us/contact_us

Sustainable Community Development Services (SCODE)

Une ONG et société basée au Kenya qui distribue des fourneaux améliorés et des lampes à énergie solaire aux entreprises, communautés et organisations publiques. SCODE travaille en partenariat avec de nombreuses organisations africaines actives qui soutiennent les communautés locales dans le domaine de l'énergie renouvelable.

www.pciaonline.org/node/238

Courriel : scode@africaonline.co.ke

Réseau international d'accès aux énergies durables (RIAED)

Le RIAED a pour objectif de renforcer la capacité et le savoir-faire des experts francophones qui opèrent sur le thème de l'accès à l'énergie, dans les secteurs de l'électrification comme aussi dans celui des combustibles domestiques ; de promouvoir, dans les pays en développement, de nouvelles capacités d'expertise francophone en énergie, et de faciliter une meilleure prise en compte de cette expertise nationale dans la définition des nouveaux concepts et des futurs programmes d'accès à l'énergie. On trouvera sur le site du RIAED un annuaire (Les coordonnées du monde de l'énergie : experts, institutions, entreprises, sites web et réseaux) et plus de 440 pages de ressources diverses (documents, etc.).

www.riaed.net/

Tanzania Traditional Energy Development and Environment Organization (TaTEDO)

Une ONG engagée dans le développement et la promotion des technologies à énergie renouvelable en Tanzanie. TaTEDO est un groupe d'individus, de professionnels, d'artisans, de fermiers, d'organisations communautaires et de micro-entreprises.

www.tatedo.org

Courriel : energy@tatedo.org

D.2 Ressources par chapitre

Chapitre 3 : Types de systèmes énergétiques

Sont repris ici certains outils en ligne ou téléchargeables qui peuvent être utilisés pour analyser le coût et la faisabilité de différents systèmes énergétiques.

Remarque : Les résultats de l'utilisation de ces programmes dépendent de la qualité des données utilisées ; c'est pourquoi, avant de s'en servir, la radio aura tout intérêt à réaliser une évaluation de ses besoins énergétiques et des solutions possibles.

Ces outils constituent un bonus et non une solution de rechange à un conseil délivré par des professionnels expérimentés dans les domaines de l'énergie.

Hybrid Optimization Modeling Software (HOMER)

Logiciel simple d'utilisation développé par le National Renewable Energy Laboratory (USA) pour effectuer des analyses de systèmes à énergie renouvelable, basés sur le réseau électrique public ou hybrides. Il est accessible en téléchargement gratuit sur le site web d'HOMER (la version gratuite expire au bout de six mois). Il s'agit d'un excellent outil qui aidera à la prise de décision ; il utilise les données de la NASA sur l'irradiation solaire mondiale.
www.homerenergy.com/index.asp
Communauté des utilisateurs de HOMER : homerusersgroup.ning.com

RETScreen Clean Energy Project Analysis Software

Le logiciel d'analyse de projets d'énergies propres RETScreen est un outil unique d'aide à la décision développé en collaboration avec de nombreux experts de l'industrie, du gouvernement et du milieu académique. Offert gratuitement, il peut être utilisé partout à travers le monde pour évaluer la production et les économies d'énergies, le coût, les réductions des émissions, la viabilité financière et le risque de différentes technologies d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Le logiciel (disponible en plusieurs langues, dont le français) inclut

des bases de données de produits, de projets, hydrologiques et climatiques, un manuel de l'utilisateur.
Disponible en téléchargement libre à l'adresse : www.retscreen.net

Hybrid2

L'ensemble de programmes Hybrid2 constitue un outil facile d'utilisation pour effectuer des analyses des performances à long terme et des coûts d'une large panoplie de systèmes énergétiques hybrides. Hybrid2 est basé sur un modèle informatique utilisant les probabilités. Il utilise des données concernant les charges, la vitesse du vent, l'irradiation solaire, la température et le système énergétique conçu ou choisi par l'utilisateur pour prédire les performances du système. Hybrid2 est disponible en téléchargement gratuit et a été développé par une équipe de l'Université du Massachusetts.
www.umass.edu/windenergy/OLD_SITE/projects/hybrid2/

"Arbre de Décision" de GSM World

GSM World est un site web sur les réseaux de téléphonie mobile. Il comprend un certain nombre de pages qui concernent « L'Énergie verte pour les portables », c'est-à-dire l'utilisation de technologies à énergie renouvelable (particulièrement l'énergie solaire) pour alimenter les stations de téléphonie mobile. Ces pages contiennent un « arbre de décision » très utile, conçu pour informer les opérateurs de réseau sur les avantages et les défis relatifs aux TER, et pour suggérer des solutions aux obstacles potentiels relatifs à ces technologies.
gsmworld.com/our-work/mobile_planet/green_power_for_mobile/decision_tree/index.htm

Chapitre 5 : Technologies à énergie renouvelable

Énergie solaire

PVWatts Version 1 (Calculateur de performances pour des systèmes PV connectés au réseau)

Un calculateur qui fournit une estimation de l'énergie électrique produite par un panneau solaire dont les spécifications sont fournies par l'utilisateur. Les utilisateurs

peuvent introduire leur localisation, la production estimée d'un panneau proposé et d'autres données. L'outil utilise les données d'irradiation et la latitude de l'utilisateur pour calculer la production énergétique du panneau durant chaque mois de l'année. Les données concernent uniquement certains endroits dans quelques pays africains : le Kenya, le Sénégal, le Zimbabwe, le Ghana, l'Éthiopie, l'Égypte, la Tunisie et le Maroc.
www.redc.nrel.gov/solar/calculators/PVWATTS/version1/

Base de données de l'Énergie solaire

Une base de données qui couvre un large éventail de sujets : depuis les revendeurs et les fabricants jusqu'aux actualités et la recherche. Cependant, les résultats ne sont pas classés par pays, la base de données n'est pas encore très vaste ; le site est principalement focalisé sur les USA.
solarenergydirectory.com/news/

Solar Expo

Une liste générale des fournisseurs de produits relatifs à l'énergie solaire, qui comprend un grand nombre de revendeurs – grossistes et détaillants – dans les pays d'Afrique. Certaines entrées ne sont peut-être plus d'actualité, car le site n'est pas maintenu régulièrement.
www.solarbuzz.com/solarindex/expo.asp

ENergy Focus (ENF) business directory

Une base de données tenue à jour reprenant les sociétés du domaine de l'énergie solaire dans le monde, incluant un certain nombre en Afrique (Afrique du Sud, Malawi, Kenya, Ghana, Nigéria, Zambie, Sénégal, Namibie, Mozambique, Cameroun, Botswana, Éthiopie, Ouganda).
www.enf.cn

Base de données sur le solaire et l'éolien de la NASA

Site de référence à accès libre comprenant des données mondiales concernant les ressources solaires et éoliennes. On y trouve des données écrites et cartographiées pour un large éventail de paramètres comme la couverture nuageuse journalière et les précipitations. Le site fournit des données annuelles, mensuelles,

journalières et même horaires sur des zones allant jusqu'à un minimum de 100 km². Le site comporte également une liste d'unités et de définitions relatives à l'énergie solaire. Les utilisateurs doivent s'identifier au moyen d'une adresse électronique et d'un mot de passe, mais l'inscription reste gratuite.
eosweb.larc.nasa.gov/sse

Utilitaire d'estimation de systèmes PV

Un outil en ligne très simple d'utilisation qui permet de visualiser des cartes de l'irradiation solaire en Afrique. Les utilisateurs peuvent également y entrer leur localisation, la puissance, l'inclinaison et l'orientation de panneaux solaires installés pour obtenir une estimation de la quantité d'énergie qui sera produite.
sunbird.jrc.it/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=africa

Répertoire de certification du « Technischer Überwachungsverein » (TÜV)

Répertoire en ligne de produits relatifs à l'énergie solaire certifiés par l'autorité allemande de certification TÜV.
www.tuvdotcom.com

Build It Solar

Un site populaire dédié à la planification, l'information et aux outils nécessaires à l'élaboration d'un projet utilisant les TER. Il comprend également un ensemble d'outils qui peuvent s'avérer utiles pour effectuer une évaluation et une analyse des ressources.
www.builditsolar.com

Études de cas de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE)

Un rapport de 16 études de cas de projets relatifs à l'énergie solaire dans des pays en voie de développement, réalisées par l'Agence Internationale de l'Énergie (disponible au téléchargement dans la section « Publications »).
www.iea-pvps.org

Lexique solaire du « Florida Solar Energy Center » (FSCE)

Une introduction rapide à la technologie solaire, comprenant un riche lexique des termes relatifs à l'énergie solaire.
www.fsec.ucf.edu/en/consumer/solar_electricity/basics

International Solar Energy Society (ISES)

Regroupement des consultants, revendeurs, installateurs et clients dans le domaine de l'énergie solaire.

Représentant pour l'Afrique (en mars 2010) : Professeur Dieter Holm

Courriel : dieterholm@worldonline.co.za

www.ises.org

Listes de sociétés qui peuvent assurer la maintenance et l'assistance technique de systèmes à énergie solaire en Afrique

Kenya

M. Mark Hankins (consultant en énergie renouvelable)

P.O. Box 18092, 00100 G.P.O., Nairobi, Kenya

Tél. : 00254-20-2725297, Portable : 00254(0)722 527710

Courriel : mhankins@africaonline.co.ke

Ghana, Togo, Côte d'Ivoire

Energiebau Sunergy Ghana Ltd.

Springfield Road 3, Peduase E.R.

P.O. Box 23, Aburi, Ghana

Tél.: 00233 28913114 ou 00233 2446849 48

Courriel: vermeerghana@hotmail.com

Nigéria

Nayotroptech

Mr. Okenwa Anayo Nas,

250, Ogui Road, Enugu / Nigéria

Tél.: 00234 80 331 35657, Fax: 00234 42 300461

Courriel : nayotroptech@yahoo.com

Tanzanie, Kenya, Rwanda et Zambie

Renerg Tanzanie

M. Livinus Manyanga

P.O. Box 13954, TASO Agricultural show ground Njiro

Arusha, Tanzanie

Tél.: 00255-754-662646 ou 00255-713-511719

Courriel : l_manyanga@yahoo.com ou kakute@tz2000.com

Énergie éolienne

Africa Wind Energy Association (AfriWEA)

Une association commerciale pour l'énergie éolienne en Afrique. Son objet principal concerne l'énergie éolienne à large échelle, comme les parcs éoliens par exemple, mais le site web de l'association contient néanmoins une liste de liens très utile. Le site web actuel contient des informations classées par pays sur les ressources, les contacts et les organismes dans le domaine de l'éolien. La qualité des informations varie selon les pays.
www.afriwea.org

All small wind turbines

Site web se targuant de présenter toutes les petites turbines existantes, ainsi que de donner les données techniques et les prix (en Euros) de la plupart d'entre elles.
www.allsmallwindturbines.com

Scoraig Wind Electric

Site web réalisé par Hugh Piggott, expert anglo-saxon de l'énergie éolienne à petite échelle, incluant les petites installations africaines. Le site contient des informations sur les éoliennes artisanales et sur les petits projets à énergie éolienne au Cameroun, au Madagascar et en Tanzanie.
www.scoraigwind.com

Guide des acteurs africains du marché de l'énergie éolienne

Liste des fabricants et des revendeurs d'éoliennes dans le monde, classés par pays.
energy.sourceguides.com/businesses/byP/wRP/byGeo/byC/byC.shtml

African Wind Power

Fabricant sud-africain d'éoliennes « Heavy Metal ». Il s'agit de machines extrêmement solides et durables avec de larges diamètres de pale, conçues pour fonctionner efficacement à faibles vitesses de vent. Les distributeurs d'African Wind Power desservent le Kenya, l'Ouganda, la Namibie et l'Afrique du Sud.
www.africanwindpower.com

Glossaire des termes de l'énergie éolienne

Un glossaire relativement long et technique des termes relatifs à l'énergie éolienne (en anglais).
www.otherpower.com/glossary.html
On trouvera un petit lexique des termes français de l'éolien :
energie-online.fr/lexique/eolien.html

Feuilles de calcul du temps de retour sur investissement par le NREL (National Renewable Energy Laboratory)

Un ensemble de feuilles de calcul Excel qui peuvent aider à effectuer l'analyse des données économiques d'un petit système à énergie éolienne et à décider si un tel système peut être viable pour une radio. L'utilisateur doit fournir des informations sur le financement du système, les caractéristiques du site et les propriétés de l'éolienne dont l'acquisition est envisagée. La période de retour sur investissement (en années) est calculée sur base de ces informations.
www.nrel.gov/wind/docs/spread_sheet_Final.xls

Base de données sur le solaire et l'éolien de la NASA

Source d'informations libre d'accès sur les ressources éoliennes dans le monde. On y trouve des données écrites et cartographiées en fonction d'un large éventail de paramètres comme la couverture nuageuse journalière et les précipitations. Les données issues de ce site peuvent donner un bon aperçu du vent à un endroit donné du monde, mais ne remplacent aucunement une évaluation du vent réalisée professionnellement.
eosweb.larc.nasa.gov/sse/

Les Atlas de « World of Wind »

Une source d'information sur les atlas éoliens du monde, avec deux exemples de l'Afrique subsaharienne : le Mali et l'Afrique du Sud.
www.windatlas.dk

Logic Energy

Une société anglo-saxonne spécialisée dans l'observation de la météo et des données énergétiques d'un site ; les données peuvent être transférées automatiquement

sur internet en utilisant les réseaux de téléphonie mobile. Les produits de cette société incluent un enregistreur de données, très utile pour effectuer une évaluation du vent.
www.logicenergy.com

Better Generation

Société anglo-saxonne qui commercialise le « Power Predictor », une combinaison entre un anémomètre et un détecteur solaire qui transfère et analyse automatiquement les données sur le vent et l'ensoleillement d'un site, une fois qu'il y est installé.
www.bettergeneration.com

Wind Survey UK

Une société spécialisée dans les anémomètres et d'autres dispositifs nécessaires à l'évaluation du vent.
www.windsurvey.co.uk

Énergie hydraulique

Portail Web des Installations Microhydrauliques

Un site diversifié sur les systèmes microhydrauliques dans les pays en voie de développement, géré par un expert africain. Il contient une liste de consultants, d'experts, et d'organismes impliqués dans le domaine de l'hydraulique de petite échelle, un forum de discussion, des études de cas et des informations techniques détaillées concernant les différents composants de systèmes hydrauliques, et les différents types de turbines.
microhydropower.net/index.php

Pico Hydro Resources (Université de Nottingham Trent, Royaume-Uni)

Un ensemble de ressources utiles, relatives au travail effectué par un ancien groupe de recherche de l'Université de Nottingham Trent dans le domaine des systèmes picohydrauliques. Le site contient une introduction aux principaux types de systèmes picohydrauliques, les publications de l'unité de recherche, des manuels techniques et d'autres documents sur les systèmes picohydrauliques, des

rapports d'études de cas impliquant de tels systèmes (y compris certains projets africains).
www.eee.nottingham.ac.uk/picohydro

Tout ce que vous voulez savoir sur la Petite Hydroélectricité

Une approche de la petite hydroélectricité dans un contexte français, mais informative sur cette source d'énergie. Une publication de l'ADEME : 24 pages en 6 fiches téléchargeables séparément.
www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=30100&p1=00&p2=08&ref=12441

Glossaire de l'énergie hydraulique

On trouvera un lexique de principaux termes français de l'hydraulique sur le site Hydro-Québec accompagnés de leurs termes équivalents anglais :
www.hydroquebec.com/comprendre/notions-de-base/vocabulaire.html

Mémento des turbines de rivière (Practical Action)

Un résumé en ligne des principes sous-jacents aux turbines de rivière alimentées directement par l'énergie cinétique d'un cours d'eau naturel. Le document contient certaines références avancées sur le sujet.
practicalaction.org/practicalanswers/product_info.php?products_id=362

Les moteurs utilisés comme générateurs pour les systèmes microhydrauliques (Nigel Smith, ITGD Publishing, 2001)

Une introduction extensive (92 pages) à l'utilisation de moteurs en tant que générateurs dans les systèmes microhydrauliques. Le document a été conçu pour aider les fabricants et ingénieurs dans le monde rural à sélectionner un moteur et à le convertir pour être utilisé comme générateur dans une installation microhydraulique.
www.frenchriverland.com/Motors_As_Generators_N_Smith_UK_1994.pdf

International Network on Small Hydro Power (IN-SHP)

Depuis sa création en 1994, l'IN-SHP a œuvré à la promotion et au développement de la technologie hydraulique, avec pour objectif l'électrification rurale.
www.inshp.org/

Expériences et bonnes pratiques dans le développement durable de la microhydraulique dans les pays en développement
(Khennas, Smail and Andrew Barnett, World Bank/ESMAP, 2000)

Un rapport approfondi sur l'expérience liée au développement de systèmes microhydrauliques au Sri Lanka, au Pérou, au Népal, au Zimbabwe et au Mozambique. Le rapport contient une analyse économique comparative du coût et des rendements financiers d'un échantillon d'installations réparties dans les cinq continents. Il s'intéresse principalement aux installations microhydrauliques de plus grande envergure, produisant entre 10 et 200 kW, et aux applications relatives à la mise en place de mini-réseaux électriques.
www.microhydropower.net/download/bestpractsynthe.pdf

Le picohydraulique comme source d'énergie pour un village : un manuel pratique pour les installations inférieures à 5 kW dans les zones accidentées (Université de Nottingham Trent, 2001)

Un guide en ligne de 21 pages donnant des instructions claires pour concevoir et installer un système picohydraulique à un niveau local. Il recommande le choix de matériel qui est caractérisé par sa simplicité, une maintenance faible et une longue durée de vie. Il s'agit d'une introduction précieuse et bien écrite sur le sujet, rédigée par des experts du picohydraulique à l'Université de Nottingham Trent en Angleterre.
www.riaed.net/Pico-hydro-for-village-power-a.html

Énergie animale

Production d'Électricité par Traction Animale (PETRA)
(RFI Planète Radio, 1997)

Une introduction au système PETRA, développé par RFI Planète Radio. Pour de plus amples informations sur le système, il est possible de contacter ce service d'aide au développement des radios de proximité intégré au Service de formation internationale de RFI.
www.rfiplaneteradio.org/pub/proj.php?idN=62
Courriel : contact@rfiplaneteradio.org

Biogaz

Biocarburants en Afrique : opportunités de croissance de petite échelle (IIED, 2009)

Brève présentation de projets africains relatifs aux biocarburants, principalement initiés par des sociétés européennes en collaboration avec des agriculteurs locaux. Ce document est produit par l'International Institute for Environment and Development – IIED (http://www.iied.org/).
www.iied.org/pubs/pdfs/17059IIED.pdf

Ci-dessous se trouve une liste de quelques projets menés jusqu'en 2010 dans le secteur du biogaz par le SNV Netherlands Development Organisation (http://www.snvworld.org/en).

Rwanda

Le Programme national rwandais pour le biogaz domestique vise la création de 15.000 installations au biogaz pour 2011, touchant environ 90.000 personnes. Le projet comporte plusieurs aspects : le conseil technique sur le biogaz, la création d'entreprises dans le secteur du biogaz, et le lobbying auprès du gouvernement rwandais pour la mise en place d'une politique favorable aux énergies renouvelables (par le biais de réductions des taxes par exemple).
www.snvworld.org/EN/COUNTRIES/RWANDA/OURWORK/Pages/energy.aspx
www.snvworld.org/en/countries/rwanda/Pages/default.aspx

Éthiopie

Le Programme national éthiopien pour le biogaz a commencé en 2008 avec la construction de 100 installations dans quatre régions (Tigray, Oromia, la Zone Sud et Amhara). Le programme vise la construction de 14 000 installations supplémentaires en Éthiopie pour 2013.
www.snvworld.org/en/countries/ethiopia/Pages/default.aspx

Tanzanie

Dans la première phase du Programme tanzanien pour le biogaz, le SNV et le Tanzania Biogas Stakeholders Group (TBSG) ont prévu de construire 12 000 in-

stallations de biogaz. Environ 72 000 personnes sont concernées par ce projet qui vise à éliminer la collecte du bois pour le chauffage et la cuisine. Selon le SNV, les régions du Kilimandjaro, de Mbeya, d'Iringa et de Ruvuma présentent le plus important potentiel pour cette technologie.
www.snvworld.org/en/countries/tanzania/Pages/default.aspx

Chapitre 6 : Groupes électrogènes

Améliorer les conditions de vie en milieu rural par l'accès à l'énergie. Une revue de la plateforme multifonctionnelle au Mali (UNDP, 2004)

Un rapport (82 pages) disponible en français et en anglais sur l'utilisation de la plateforme multifonctionnelle (PMF) dans des programmes au Mali. L'évaluation a été réalisée en 2001. Le document comprend des informations sur la planification, les aspects financiers et le cadre institutionnel dans lequel ce projet de la PMF a été conçu et réalisé. Il est produit par le Programme de développement des Nations-Unies.
Site regroupant toutes les publications de l'UNDP sur les questions d'énergie durable :
www.undp.org/environment/sustainable-energy-library.shtml
Lien d'accès direct au rapport sur la PMF au Mali :
content.undp.org/go/cms-service/download/publication/?version=live&id=2101513

Chapitre 7 : Stockage et régulation électrique

Batteries et contrôle de charge pour des systèmes photovoltaïques autonomes. Fondamentaux et applications (Sandia National Laboratories, 1997)

Un guide de 71 pages sur les batteries utilisées dans des systèmes autonomes. Il aborde les types de batteries, la sélection des batteries, les enjeux du contrôle de charge, et l'adéquation entre la taille des batteries et des panneaux solaires. Le document en anglais est focalisé sur les batteries utilisées dans les systèmes à énergie solaire, mais peut également être utile pour des batteries utilisées dans

d'autres systèmes indépendants d'un réseau public. Le document est déjà ancien (1997).
www.localenergy.org/pdfs/Document%20Library/Fundamentals%20of%20batteries%20and%20charge%20control.pdf

Guide de la batterie plomb-acide pour des systèmes photovoltaïques autonomes (IEA, 1999)

Un guide de 33 pages pour les utilisateurs de batteries plomb-acide, abordant des sujets comme la maintenance, l'installation et la sécurité. Il est produit par l'Agence internationale de l'énergie (IEA).
Pour trouver le document, utiliser un moteur de recherche – Google p. ex. – en introduisant son titre anglais : *Lead-acid battery guide for stand-alone photovoltaic systems*

Chapitre 8 : Gestion à long terme d'une technologie énergétique

Formation

La liste ci-dessous n'est pas un inventaire des centres de formation africains. Dans la plupart des pays existent aujourd'hui des départements universitaires, des centres de formation professionnelle spécialisés dans les domaines de l'énergie et des énergies renouvelables en particulier. Certes la plupart ne proposent pas de formation spécifiquement à destination du personnel d'une station radio, mais ces institutions et organismes possèdent les compétences et ressources pour répondre à des demandes dans ce sens, et le cas échéant proposer une session ou un atelier de formation.

Pour identifier des centres de formation dans son pays, on pourra notamment consulter l'annuaire du RIAED : www.riaed.net/-Annuaire-.html

Institut international pour l'eau et l'ingénierie environnementale (2iE), Burkina Faso

Cet institut met l'accent sur les questions énergétiques.
www.2ie-edu.org

Chaire UNESCO sur les énergies renouvelables

Établie en 1999 à l'Université de Lomé, au Togo. Cette chaire UNESCO entend développer un pole d'excellence dans le domaine des énergies renouvelables par la mise en place de programmes de recherche et de formation, en collaboration avec des partenaires apportant une coopération bilatérale ou multilatérale, ainsi que par l'octroi de bourses ; elle contribue à mettre en place un réseau de coopération internationale associant des universités des différents pays africains intéressés.
www.unesco.org/fr/unitwin/access-by-region/africa/togo/unesco-chair-in-renewable-energies-453/
Contact : Dr Kossi Napo, Université de Lomé, Faculté des Sciences ; Courriel : kossinapo@hotmail.com

Université de Dar es Salaam, Centre d'Ingénierie et de Technologie

Un centre de recherche tanzanien avec un fort programme de sensibilisation. L'université propose également un Master en énergie renouvelable faisant partie du « Projet de promotion des énergies renouvelables » soutenu par l'Union européenne et l'ISES (International Solar Energy Society). Les détails des cours du master se trouvent à l'adresse :
prea.ises.org/Documents/MSc_Tanzania.pdf
Centre d'Ingénierie et de Technologie, Courriel : principalcoet@udsm.ac.tz

Uganda Martyrs University

Cette université propose un master en Conception Environnementale, faisant partie du projet de « Promotion des énergies renouvelables en Afrique » de l'ISES.
Site web : prea.ises.org/Documents/MSc_Uganda.pdf
Administrateur de la Faculté du cadre environnemental : Tél. : +256 38 241 0611
Courriel : fbe@umu.ac.ug

Groupe de Recherche pour l'Énergie, l'Environnement et le Climat de l'Université Eduardo Mondlane au Mozambique

Une université du Mozambique qui propose un master en technologie renouvelable ; elle a été impliquée dans le domaine de l'énergie éolienne au Mozambique

par l'entremise de la « Clean Energy Company ».
www.uem.mz

Centre pour l'Energie, Kwame Nkrumah University of Science and Technology (KNUST), Ghana

Le Centre pour l'Énergie propose annuellement de courtes formations (longues d'une ou deux semaines) pour renforcer la capacité à développer et utiliser les TER au niveau local et subrégional. Les cours de 2010 concernaient le dimensionnement et l'installation de panneaux solaires, le raccordement au réseau et les biogaz.
energycenter.knust.edu.gh
Contact pour les cours sur l'énergie : Tél. : 233 (026) 6755479 / (024) 7590828
Courriel : reep_tec@knust.ed.gh ou david.ato.quansah@gmail.com

Forums en ligne

Ci-dessous sont cités quelques forums en ligne dédiés aux technologies à énergie renouvelable, d'Afrique ou d'ailleurs.

Global Village Energy Partnership (GVEP)

GVEP est une organisation sans but lucratif travaillant à réduire la pauvreté en favorisant l'accès à des services énergétiques abordables et durables. Ce site web contient des liens vers plus de 2000 organismes du monde entier travaillant dans le domaine des énergies renouvelables dans les pays en voie de développement. S'enregistrer sur le site est gratuit et donne accès à la base de données qui inclut des projets basés sur l'énergie, des opportunités de financement, des organisations ainsi qu'au forum.
www.gvepinternational.org/fr

Household Energy Network (HEDON)

Un réseau en ligne de personnes, d'organisations et de projets relatifs aux solutions énergétiques pour les ménages dans les pays en voie de développement. HEDON s'occupe principalement d'énergie non électrique, comme les fourneaux améliorés et la biomasse.
www.hedon.info

Knowledge and Information Base for Energy Solutions in Africa (Kibesa)

Un forum en ligne pour l'information et la discussion autour de l'énergie en Afrique créé par le CEMA (Capacity Enhancement and Mobilisation Action for Energy in Africa), dans le cadre du partenariat énergétique entre l'Afrique et l'Union européenne. Il est gratuit et relativement aisé de devenir membre du wiki.
kibesa.wikispaces.com

Forum de l'Énergie solaire

SolarPowerForum.net est un forum de discussion américain actif sur le sujet de l'énergie solaire, comprenant plusieurs milliers d'entrées. L'enregistrement est gratuit, de même que la soumission de questions.
www.solarpowerforum.net

Liste de forums sur l'énergie renouvelable

Une liste de forums en ligne liés à l'énergie renouvelable, en particulier l'énergie solaire, rassemblés par l'auteur du site populaire « Build It Solar ».
www.builditsolar.com/References/Forums.htm

Forum de Discussion sur les Systèmes Micro-Hydrauliques

Un forum de discussion en ligne sur les systèmes micro-hydrauliques mis en place par l'expert sud-africain dans le domaine, Wim Jonker Klunne. L'objectif du forum est d'échanger des informations sur les questions techniques ou autres concernant la micro hydraulique.
microhydropower.net/mhp_group

Chapitre 10 : Études de cas

Ci-dessous sont repris les contacts des radios citées dans les études de cas du **chapitre 10**.

Radio Voice of Life (Ouganda)

Radio Voice of Life, courriel : arua@diguna.de
M. Frank Knuepfer, technicien et directeur de la radio,
courriel : frank.knuepfer@diguna.de
Société missionnaire DIGUNA : www.diguna.de
M. Kurt Zander, courriel : kurt.zander@diguna.de

Radio Pacis (Ouganda)

http://www.radiopacis.org

P. Tonino Pasolini, directeur, courriel : tonino.pasolini@radiopacis.org

Radio Voice of Peace (Soudan)

Sudan Catholic Radio Network (SCRN)

www.sudancatholicradio.net

Sr Paola Moggi, Coordinatrice du SCRN, courriel : scrn.director@gmail.com

Sr Mary Carmen Galicia Alfaro, Directrice de la Radio Voice of Peace,
courriel : voiceofpeace2008@gmail.com

Radio communautaire Fadeco (Tanzanie)

Joseph Sekiku, directeur de la station et responsable technique,
courriel : sekiku@satconet.net

Devotha Martine, chef de station, courriel : devomart@yahoo.com

Réseau Étoile (Haïti)

Pierre Bélanger, Coordinateur international du réseau international,
courriel : pierre.belanger@jesuites.org

Radio Pikon Ane (Indonésie)

Tessa Piper, Fond Indonesia Media Loan Development Fund,
courriel : tessa@minihub.org

Chapitre 11 : Politiques et entrepreunariat dans le secteur énergétique

Politiques énergétiques

Les sites suivants contiennent des informations sur les initiatives actuelles ou récentes de gouvernements africains dans le secteur des technologies à énergie renouvelable.

Rapport 2010 sur la situation globale des énergies renouvelables (REN21)

Le rapport « Renewables 2010 Global Status Report » publié par REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) propose des informations

détaillées sur les tendances relatives au secteur de l'énergie verte dans le monde, et identifie les sources ayant bénéficié de l'intérêt le plus soutenu, tant de la part des investisseurs que des gouvernements, dans les différentes régions du monde.
ren21.net/publications/default.asp

Énergie renouvelable dans le monde : politiques et mesures (IEA)

Il s'agit des bases de données de l'International Energy Agency (IEA), contenant les politiques et mesures adoptées par les gouvernements nationaux du monde entier pour accroître l'efficacité énergétique et l'utilisation de l'énergie renouvelable dans leur pays.
www.iea.org/Textbase/pm/grindex.aspx

Global Network on Energy for Sustainable Development (GNESD)

Le GNESD est un réseau d'experts dans le cadre du Programme des Nations-Unies pour l'Environnement (PNUE). Son principal objectif est de mener une analyse politique des enjeux énergétiques dans le cadre des Objectifs de Développement du Millénaire (ODM).
www.gnesd.org

Énergie renouvelable et efficacité énergétique (reegle)

Portail créé par le REEP (Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership) et le REN21 (Renewable Energy Policy Network) qui rassemble des informations sur les évènements, les groupes, les personnes, les politiques et les publications relatives à l'efficacité énergétique et l'énergie renouvelable dans le monde.
www.reegle.info

Interventions Energétiques en Afrique (Kibesa)

Une liste de projets, de politiques et de programmes relatifs à l'énergie renouvelable en Afrique. La liste se trouve sur le wiki de Kibesa (Knowledge and Information Base for Energy Solutions in Africa), un portail en ligne sur l'énergie renouvelable en Afrique.
kibesa.wikispaces.com

African Energy Policy Research Network (AFREPREN)

Créé en 1987, l'AFREPREN rassemble plus de 300 experts et décideurs africains actifs dans le secteur de l'énergie en Afrique. L'AFREPEN a effectué des études sur la politique gouvernementale et la recherche dans le domaine de l'énergie dans plus de vingt pays en Afrique. En plus de rapports et de documents de travail, ce réseau a publié une quinzaine de livres sur des questions relatives à l'énergie – politiques énergétiques, électrification rurale et urbaine, p. ex. – et aux énergies renouvelables, y compris les biomasses, le charbon, etc. Le site offre un accès à ces publications dont certaines peuvent être téléchargées. L'AFREPREN est une source-clé d'informations sur la politique énergétique en Afrique.

www.afrepren.org

Courriel : stephenk@africaonline.co.ke ou afrepren@africaonline.co.ke

Notes du texte

[1] L'historique et les prévisions concernant le prix du pétrole sont issus du site web de l'Energy Information Administration du Département américain de l'énergie. Les données ont initialement été publiées dans l'International Energy Outlook en 2010 : http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdt/liquid_fuels.pdf ; site consulté en juillet 2010.

[2] Les données concernant les ampoules ont été utilisées avec la permission du National Renewable Energy Laboratory. Elles ont été initialement publiées dans le document « *Renewable Energy for Rural School* », publié en novembre 2000 – http://www.nrel.gov/docs/fy01osti/26222.pdf – consulté en mars 2010. Les données sur les coûts énergétiques proviennent du document technique 121/07 « *Technical and Economic Assessment of Off-Grid, Mini-Grid and Grid-Connected Electrification Technologies* », publié par la Banque mondiale et l'Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP), 2007, Washington D.C., pp. 54-57.

[3] Les données concernant le groupe électrogène sont celles du Yamaha Premium EF4000DE, commercialisé en 2007. Remarque : la production maximale de ce modèle est de 4 kW, mais son estimation [la valeur donnée dans le texte] est de 3,5 kW. Les données ont initialement été publiées en 2007, dans la *Fiche technique du Yamaha Premium EF4000DE*.
http://www.yamaha-motor.com/outdorr/products/modelspecs_pdf.aspx?ls=outdoor&mid=447&showprevmodel=0 ; fiche consultée en juillet 2010.

[4] Les données sur les coûts énergétiques proviennent du document technique 121/07 « *Technical and Economic Assessment of Off-Grid, Mini-Grid and Grid-Connected Electrification Technologies* », publié par la Banque mondiale et l'Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP), 2007, Washington D.C., pp. 54-57.

Bibliographie

Bale, M., and Launay, G., *PETRA: Production d'Electricité par Traction Animal*. Planète Radio, 2007

Barnes, F. (ed.), *The Challenge of Rural Electrification: Strategies for Developing Companies*. Washington, D.C.: Resources for the Future, 2007

Cabraal, A., Cosgrove-Davies, M., and Schaeffer, L., *Best Practices for Photovoltaic Household Electrification Programs*. Washington, D.C.: World Bank, 1996: World Bank Technical Paper #324

Dunlop, J. and Farhi, B., *Recommendations for Maximising Battery Life in Photovoltaic Systems: A Review of Lessons Learned.* University of Central Florida: Florida Solar Energy Centre, 2001

Dunlop, J., *Batteries and Charge Control in Stand-Alone Photovoltaic Systems: Fundamentals and Applications*. University of Central Florida: Florida Solar Energy Centre, 1997

Florida Solar Energy Centre, *Glossary of Solar Power Terms* www.fsec.ucf.edu/en/consumer/solar_electricity/basics/index.htm, accessed May 2010

Foley, G., *Photovoltaic Applications in Rural Areas of the Developing World: World Bank Technical Paper 304*. World Bank

Geerts, A., Appendix 1: Basic Technical Data, in *World Bank Community Radio Training Manual*. Washington, D.C.: World Bank, 2006 - unpublished

Grimshaw, D., *Solar Power: Coming Out From Behind a Cloud?* Warwickshire: Practical Action UK, 2006: Practical Action New Technology Briefing Paper No. 4

International Energy Agency, *Renewables in Global Energy Supply.* Paris: IEA, 2007

International Institute for Environment and Development, *Biofuels in Africa: Growing Small-Scale Opportunities.* London: IIED, 2009

Jimenez, J., and Lawand, T., Originally published as *Renewable Energy for Rural Schools*. Golden, Colorado: US National Renewable Energy Laboratory, 2000: www.nrel.gov/docs/fy01osti/26222.pdf, accessed March 2010

Kemp, W., *The Renewable Energy Handbook: A Guide to Rural Independence, Off-Grid and Sustainable Living*. Gazelle Drake Publishing, 2006

Mapako, M. and Mbewe, A (eds.), *Renewables and Energy for Rural Development in Sub-Saharan Africa*. Zed Books, 2004

McKay, D., *Sustainable Energy Without the Hot Air.* Cambridge: UIT Cambridge, 2009

NASA Surface Meteorology and Solar Energy data. http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/, accessed March 2010

NASA, *Glossary for Surface Meteorology and Solar Energy.* http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?+s07#s07, accessed May 2010

National Renewable Energy Laboratory, *Small Wind Electric Systems: A U.S. Consumer's Guide*. US Department of Energy, 2007

Otherpower, *Glossary of Windpower Terms.* www.otherpower.com/glossary.html, accessed May 2010

Practical Action UK, *Energy from the Wind.* Warwickshire: Practical Action UK, 2008

Practical Action UK, *Micro-Hydro Power: Technical Briefing*. Warwickshire: Practical Action UK, undated

Practical Action UK, *Wind for Electricity Generation: Technical Briefing*. Warwickshire: Practical Action UK, undated

Reducing Rural Poverty Through Increased Access to Energy Services: A Review of the Multifunctional Platform Project in Mali. United Nations Development Programme, 2001

Solari, G. and Stevens, E., *River Turbines: Technical Brief.* Warwickshire: Practical Action UK, 200?

US Department of Energy, *Get Your Power From the Sun: A PV Consumer's Guide*. USA DOE, 2003

Wilson, E. and Zersky, L., *Power to the Poor: Sustainable Energy at the Base of the Pyramid.* London: International Institute for Environment and Development, 2009: IIED Briefing Paper

World Bank and Energy Sector Management Assistance Programme, *Technical and Economic Assessment of Off-Grid, Mini-Grid and Grid-Connected Electrification Technologies*. Washington, D.C.: World Bank and ESMAP, 2007: ESMAP Technical Paper 121/07

World Bank, "Technology module," in *REToolkit: A Resource for Renewable Energy Development: Issues Note*. Washington, D.C.: World Bank, 2008

Glossaire

Accumulateur : Dispositif qui produit ou emmagasine de l'énergie électrique grâce à une réaction entre deux éléments chimiques.

Aérogénérateur : Un aérogénérateur est une turbine qui transforme l'énergie cinétique du vent (énergie éolienne) en électricité. On parle aussi d'éolienne.

Aileron arrière : Partie d'une éolienne qui oriente la turbine face au vent.

Alimentation Sans Interruption (ASI ou UPS en anglais) : Dispositif qui gère une source électrique entrante et qui fournit une alimentation de secours en cas de défaillance.

Alternateur : Dispositif produisant du **courant alternatif** en se servant de la rotation d'un arbre mécanique.

Ampoule Compacte Fluorescente (ACF) : Ampoule à énergie efficace qui utilise du vide plutôt que de la chaleur pour produire de la lumière.

Anémomètre : Système servant à mesurer la vitesse et la direction du vent à un endroit donné.

Angle d'incidence : Angle selon lequel les rayons du soleil atteignent une surface. Un angle d'incidence « normal » est de 90°, c'est-à-dire un angle droit.

Angle d'inclinaison : Angle décrit par un panneau solaire (ou un autre collecteur d'énergie solaire) mesuré en degrés par rapport au plan horizontal.

Autonomie (nombre de jours d') : Nombre de jours durant lesquels un groupe de batteries pleinement chargées peut alimenter une ou plusieurs charges de façon autonome. C'est une donnée importante à connaître pour envisager les périodes pluvieuses ou nuageuses par exemple.

Batterie : Ensemble d'accumulateurs connectés **en série, en parallèle** ou une combinaison des deux.

Batterie nickel-cadmium : Batterie onéreuse requérant peu de maintenance, utilisant du nickel et du cadmium à la place de plomb et d'acide.

Batterie plomb-acide à décharge complète : Type de batteries utilisé pour le stockage électrique avec des **TER**. Le plomb est le matériau des plaques, l'acide étant l'**électrolyte** ; décharge complète signifie que la batterie peut-être régulièrement déchargée jusqu'à environ 50 % de sa **capacité** (contrairement aux batteries de voiture ou de camion).

Batterie SLI (pour « Starting, Lightning, Ignition» en anglais) : Les batteries SLI, comme celles que l'on retrouve dans les voitures, sont conçues pour produire un courant élevé durant une courte période, et ont de piètres performances de décharge complète. Elles sont moins chères que les batteries à décharge complète, mais ont une plus courte durée de vie lorsqu'utilisées dans des systèmes autonomes.

Batterie stationnaire : Souvent incluses dans les systèmes d'ASI, ces batteries sont conçues pour un usage ponctuel et demandent peu de maintenance.

Batteries sans maintenance : Type de batteries possédant un électrolyte solide ou gélifié, et des valves d'évacuation. Elles sont également connues sous le nom de batteries à électrolyte captif ou batteries scellées.

Biogaz : Gaz produit par la décomposition de matières organiques, telles que le fumier, les eaux usées, ou les végétaux, en l'absence d'oxygène.

Briquettes : Sources de carburant compactes fabriquées à partir de charbon, de déchets agricoles, de paille, de foin, de coques de noix de coco, de sciure ou de toute autre matière inflammable.

Canal : Structure artificielle servant à transporter l'eau d'une rivière vers la **retenue d'eau** d'une station hydraulique.

Capacité (Amp-heure) : Quantité de charge stockée dans une batterie. Une batterie de 2 000 Ah produira 20 A pendant 100 heures, 50 A pendant 40 heures, etc.

Cellule PV : Une cellule photo-électrique qui génère de l'énergie électrique lorsqu'elle est exposée au soleil.

Charge : Puissance électrique consommée à un instant donné. Il peut également s'agir d'un dispositif ou d'un appareil qui consomme de l'énergie.

Charge à compensation : Cette charge amène précautionneusement la batterie à charge pleine, après avoir été chargée aux alentours des 90 % par la **charge ample**. Elle est également appelée la charge dégressive ou par absorption.

Charge ample : État de charge auquel commencent la **gazéification** et l'augmentation de la tension. La batterie est alors chargée à 80 % ou 90 %. Elle est également appelée la charge principale ou la charge complète.

Charge critique : Dispositif ou appareil dont la consommation d'énergie est prioritaire.

Charge d'égalisation : Fournit une haute **tension** à une batterie lorsqu'elle est proche de sa charge maximale, donnant lieu à une surcharge et une **gazéification**. Utilisée périodiquement dans les batteries liquides pour enlever une différence de charge entre les accumulateurs et pour mélanger l'**électrolyte.**

Charge de déversement : Charge qui absorbe l'excès d'électricité produit par une **TER.** Il s'agit la plupart du temps d'un chauffe-eau ou d'un chauffage.

Charge flottante : Permet de garder une batterie à **charge maximale,** lorsqu'entièrement chargée, mais pas très souvent utilisée. Également appelée charge d'entretien.

Coefficient de Betz : 59,3 %. Il s'agit de l'efficacité théorique maximale à laquelle une éolienne peut fonctionner. Si l'éolienne provoque un ralentissement trop élevé du vent, l'air reste bloqué devant les pales et n'est pas utilisé pour générer de l'énergie.

Combustibles fossiles : Combustibles dérivés d'anciens dépôts de carbone. Les combustibles fossiles tels que le diesel ou l'essence peuvent être distingués des combustibles végétaux ou animaux comme l'**huile de jatropha**.

Compensation de température : Fonction d'un contrôleur de charge permettant les variations de la température d'une batterie.

Conduite forcée : Conduite à travers laquelle l'eau est acheminée sous pression vers la turbine d'une installation hydroélectrique.

Consommateur : N'importe quel dispositif ou appareil qui consomme de l'énergie.

Consommation électrique : Électricité consommée par un appareil à partir d'une source électrique.

Contrôleur de charge : Dispositif qui contrôle le taux auquel le courant d'une source d'énergie charge une batterie.

Contrôleur de tension : Dispositif qui contrôle le courant, la tension et la fréquence d'une source électrique et déconnecte cette source dans le cas où une des quantités mesurées devient trop grande ou trop petite.

Convertisseur : Dispositif qui convertit du **courant continu** en **courant alternatif**.

Courant (I) : 1. Flux d'électrons, habituellement dans un fil conducteur. 2. Mesure du flux des électrons dans un fil, mesuré en **Ampères (A)**.

Courant alternatif (AC) : Courant électrique dont la direction du flux oscille à intervalles fréquents et réguliers.

Courant continu (DC) : Courant électrique opérant dans une seule direction.

Courbe de puissance : Graphique montrant la **puissance** d'une éolienne ou d'une turbine hydraulique pour différents états de vent ou de courant aquatique.

Couronne d'orientation : Le dispositif placé sur certaines éoliennes, permettant une rotation de la turbine par rapport à la tour.

Coût annualisé : Coût moyen par an d'une source d'énergie calculé sur sa durée de vie.

Coût de cycle de vie : Coût total d'un système durant la période utile de sa vie, incluant ses coûts de **fonctionnement** et **initial**.

Coût de fonctionnement : Ensemble des coûts relatifs à l'activité d'une technologie énergétique, comprenant par exemple les coûts du carburant et de maintenance.

Coût initial : Coût total d'installation d'une technologie énergétique, incluant le transport, les matériaux, et le coût du travail.

Coût normalisé : Coût moyen par kWh d'une source d'énergie pendant toute sa durée de vie.

« Credit Union » ou Mutuelle de solidarité : Organisation dont le travail est d'aider ses membres à économiser de l'argent et à emprunter.

Crédits carbone : Avantages gagnés par certaines sociétés pour avoir limité leurs émissions de carbone. Ils peuvent être achetés et vendus.

Digesteur de biogaz : Machine qui décompose de la matière organique pour produire du méthane.

Dispositif de mise à la terre : Système destiné à envoyer les excédants d'électricité à la terre, de façon à protéger les utilisateurs d'une éventuelle décharge électrique, et les composants électriques d'éventuelles surtensions (pendant un orage par exemple).

Durée de vie de flottement : Durée de vie d'une batterie inutilisée si elle est maintenue à pleine charge par une **charge flottante.**

Efficacité à faible charge : Efficacité d'un groupe électrogène lorsqu'il fournit de l'énergie à de faibles charges.

Efficacité : Rapport entre la puissance de sortie et la puissance d'entrée d'un dispositif énergétique, exprimée en pour cent.

Électrolyte : Substance présente dans une batterie qui réagit avec les plaques métalliques pour produire un courant électrique.

Électron : Particule subatomique possédant une charge négative.

Énergie : Capacité à produire un travail physique. L'unité standard de mesure de l'énergie est le Joule (J). Elle est aussi mesurée en kilowatt-heure (kWh).

Estimation énergétique : 1. Étude des besoins énergétiques d'une personne, d'un site physique, ou d'une organisation. 2. Caractéristiques officielles de fonctionnement d'une technologie, généralement uniquement valides dans des conditions idéales.

État de charge : Quantité de charge présente dans une batterie, exprimée comme pourcentage de sa **capacité** totale.

Facteur de perte : Quantité par laquelle les performances **estimées** d'une technologie doivent être rectifiées pour obtenir les performances réelles, exprimée comme un pourcentage des performances estimées.

Facteur de puissance : Phénomène électrique qui explique que la **puissance** réelle de certains courants électriques est plus faible que la tension multipliée par le courant (la formule classique du calcul d'une puissance électrique).

Fiche technique : Résumé des spécifications techniques d'une technologie.

Flux : Quantité d'eau qui entre la **retenue d'eau** d'une installation hydraulique, exprimée en m^3 par seconde.

Fourneau Jiko en céramique : Fourneau à charbon portable en forme de sablier, composé d'une base en céramique renforcée par un armement métallique. Ce poêle est conçu pour réduire la quantité de charbon nécessaire de 30 % à 50 % par rapport aux fourneaux ordinaires utilisés en Afrique.

Fourneau « Rocket» ou à briquettes : Un fourneau amélioré qui permet une cuisson efficace en assurant qu'il y ait un bon tirant d'air dans le feu, une utilisation contrôlée du combustible, une combustion complète des éléments volatiles, et une utilisation efficace de la chaleur résultante.

Gazéification : Réaction au sein d'une batterie qui émet des gaz lorsqu'elle est surchargée.

Générateur : Dispositif qui convertit l'énergie d'un arbre mécanique en rotation en énergie électrique. Les générateurs sont incorporés dans certaines technologies génératrices d'énergie comme les éoliennes, les turbines hydrauliques et les groupes électrogènes.

Gravité Spécifique (GS) : Unité de mesure de la densité d'un liquide. Un liquide avec une gravité spécifique de 1,2 est 1,2 fois plus dense que l'eau.

Groupe électrogène : Dispositif (par exemple un générateur au diesel) qui convertit l'énergie chimique d'un combustible en électricité, en utilisant un moteur à combustion et un générateur électrique.

Haubans : Cordes ou câbles utilisés pour maintenir le poteau ou la tour d'une éolienne.

Hauteur de chute : Dans une installation hydraulique, il s'agit de la distance verticale entre la turbine et le sommet de la **conduite forcée**.

Hertz (Hz) : Unité de fréquence, utilisée pour mesurer le taux auquel un **courant alternatif** change de direction. Un Hz équivaut à un cycle par seconde.

Heure d'ensoleillement : Quantité d'énergie par unité de surface fournie à la surface de la terre durant une heure de plein ensoleillement. Une heure d'ensoleillement équivaut à 1 000 W/m^2.

Huile de jatropha : Huile végétale produite à partir des graines de la plante jatropha.

Hydromètre : Dispositif de mesure de la **gravité spécifique**, ou densité d'un liquide.

Insolation : Énergie solaire atteignant une surface, exprimée d'ordinaire en W/m^2.

Joule (J) : Unité standard de l'**énergie**. Environ 4 J sont nécessaires pour chauffer un gramme d'eau de 10° Celsius.

LED : Une forme d'éclairage efficace, souvent utilisée en tant que source de lumière dans les affichages électroniques.

Manuel d'utilisation : Un feuillet qui décrit l'installation, la mise en route et la maintenance d'une technologie.

Micro-hydraulique : Type d'installation hydraulique d'une puissance comprise entre 5 et 100 kW.

Mini-réseau : Petit réseau électrique, reliant habituellement des maisons et des commerces d'un même village à une source électrique.

MMPT (Maximum Power Point Tracking): Dispositif d'un **contrôleur de charge** qui augmente la production des panneaux solaires en bloquant leur **courant** et **tension** à un niveau optimal pour que la **puissance** maximale soit transmise à la batterie.

Module PV : Ensemble de **cellules PV** interconnectées et montées sur un châssis.

Mois de référence : Mois avec le plus petit rapport entre l'énergie produite et l'énergie consommée. Si une **TER** est dimensionnée en se basant sur ce mois de référence, la production d'énergie sera assurée pour tous les autres mois de l'année.

Moyeu : Partie de la face avant de l'éolienne se trouvant à l'intersection des **pales**.

Multiprise : Groupe de prises situées à l'extrémité d'un câble flexible qui permet le branchement de plusieurs appareils. Peut aider aux économies d'énergie en permettant d'éteindre plusieurs appareils simultanément ; certaines multiprises s'éteignent automatiquement lorsque les appareils connectés passent en mode veille.

Nacelle : Partie de l'éolienne qui contient le générateur électrique, le câblage et (pour les turbines de plus grande taille) les engrenages.

Onde carrée : Forme de **courant alternatif** dont la direction change de façon abrupte.

Onde sinusoïdale : Forme de **courant alternatif** dont le sens varie harmonieusement selon un motif de vague.

Onde sinusoïdale modifiée : Forme de **courant alternatif** dans lequel le **courant** varie par petits échelons.

Pale : Partie de l'éolienne qui interagit avec le vent.

PETRA : Production d'Électricité Par Traction Animale. Système de production électrique à partir de mouvement guidé d'animaux imposants.

Pic de charge : Charge ou consommation électrique maximale durant un certain laps de temps.

Pico-hydraulique : Type d'installations hydrauliques d'une puissance comprise entre quelques centaines de watts et 5 kW.

Plateforme multifonctionnelle : Un groupe électrogène conçu pour effectuer des tâches multiples ; moudre, pomper et charger une batterie par exemple.

Protection contre la sous-charge : Fonction d'un **contrôleur de charge** qui déconnecte les charges d'une batterie une fois qu'elle a atteint son plus faible **état de charge** permis.

Protection contre la surcharge : Fonctionnalité d'un **contrôleur de charge** qui arrête le flux électrique entrant dans une batterie lorsque celle-ci est complètement chargée.

Puissance : Taux auquel l'énergie est convertie d'une forme à une autre. Un watt de puissance équivaut à un Joule d'énergie par seconde.

Quantité de décharge : Quantité de charge prélevée d'une batterie, calculée en tant que pourcentage de la **capacité** de la batterie.

Rectifieur : Dispositif qui convertit du **courant alternatif** en **courant continu.**

Régulateur de tension : Dispositif qui lisse la tension d'une source électrique de façon à protéger l'équipement électronique qu'elle alimente.

Réseau électrique : Réseau des lignes de transmission et de distribution, ainsi que les transformateurs utilisés dans les centrales électriques. L'expression « Puissance de réseau » est utilisée de façon équivalente avec « Source d'énergie publique » dans ce guide.

Retenue d'eau : Point auquel une rivière est détournée vers un **canal** dans une installation hydraulique.

Rotor : Partie de l'éolienne en rotation, comprenant généralement des **pales** et un **moyeu**.

Silicone amorphe : Type de silicone ne possédant pas de structure cristalline, et pouvant être appliqué en couche peu épaisse.

Silicone monocristallin : Matériau formé de silicone sous forme cristalline pure.

Silicone polycristallin : Matériau formé de plusieurs cristaux de silicone.

Source d'énergie : Dispositif ou matériel qui peut produire de l'énergie utile à une station radio.

Stratification : Processus intervenant lorsque l'**électrolyte** se concentre dans le fond d'une batterie.

Sulfatation : Processus intervenant lorsque le sulfate se durcit sur les plaques d'une batterie, la rendant plus fragile.

Support mobile d'alignement : Support pour panneaux solaires qui tourne ou incline les panneaux pour qu'ils soient alignés avec le soleil.

Surtension : Accroissement abrupt de la **tension**, du **courant** ou de la **fréquence**, habituellement du réseau électrique public.

Système connecté au réseau : Système énergétique qui puise dans le réseau d'électricité public, ou lui fournit de la puissance.

Système de raccordement à la terre généralisé : Système de raccordement à la terre dans lequel tous les composants d'un système sont connectés à la masse au même point.

Système énergétique autonome : Système énergétique qui n'est pas alimenté par un réseau électrique public ; connu également sous le nom de système isolé ou autarcique.

Systèmes hybrides : Système énergétique qui utilise à la fois un **groupe électrogène** et une ou plusieurs **TER**. Parfois également utilisé pour désigner des systèmes énergétiques qui utilisent à la fois le réseau électrique public et d'autres sources d'énergie.

Tarif de rachat : Frais prélevés auprès des sociétés pour l'électricité qu'elles reçoivent de sources renouvelables. Ces frais sont versés aux fournisseurs d'énergie renouvelable, pour encourager le développement des **TER.**

Taux de décharge automatique : Taux auquel une batterie se décharge spontanément, sans charge ou décharge active.

Taxes douanières : Taxes gouvernementales sur les biens importés dans un pays.

Technologie à énergie renouvelable (TER) : Technologie qui convertit l'énergie de ressources naturelles en énergie utilisable, le plus souvent de l'énergie électrique.

Technologie génératrice d'énergie : Technologie qui convertit de l'énergie chimique, mécanique, solaire ou autre, en énergie électrique. Cela inclut les panneaux solaires, les éoliennes, les turbines hydrauliques, les groupes électrogènes, etc. (nous utilisons la formule tronquée « **technologie génératrice** » dans ce guide).

Technologie génératrice : Abrégé pour « **technologie génératrice d'énergie** ». Technologie qui convertit de l'énergie chimique, mécanique, solaire ou autre, en énergie électrique. Cela inclut les panneaux solaires, les éoliennes, les turbines hydrauliques, les groupes électrogènes, etc. (nous utilisons la formule tronquée « technologie génératrice » dans ce guide).

Temps de retour sur investissement : Période nécessaire pour que les bénéfices liés à un investissement en compensent le coût. Dans le cadre de l'efficacité énergétique, il s'agit du temps nécessaire pour que les économies dues à l'emploi d'équipement efficace compensent le coût plus élevé de cet équipement.

Tension (V) : Quantité d'énergie transmise aux électrons dans un circuit électrique.

Tension de Déconnexion de Charge (TDC) : Tension d'une batterie à laquelle un **contrôleur de charge** déconnecte les **charges** pour protéger la batterie d'une décharge excessive.

TSR (Tip-Speed Ratio en anglais) : Rapport entre la vitesse rotationnelle en bout de pales d'une éolienne et la vitesse du vent.

Turbine à impulsion : Turbine hydraulique conçue de telle sorte que l'eau atteigne l'aube, celle-ci se trouvant au contact de l'air.

Turbine à réaction : Turbine hydraulique dont les pales sont complètement immergées dans l'eau en mouvement.

Turbine de rivière : Turbine hydraulique qui est immergée directement dans un cours d'eau naturel, comme une rivière.

UPS : Abréviation de « Uninterruptible Power Supply » : voir **Alimentation Sans Interruption (ASI)**

Ventilation : Modification ou remplacement de l'air contenu dans un espace fermé pour en améliorer la qualité. Comprend l'expulsion de l'air chaud (pour le local renfermant un émetteur par exemple) et les vapeurs toxiques (d'un local contenant une batterie par exemple).

Vitesse d'enroulement : Vitesse du vent à laquelle l'éolienne est détournée de la direction du vent afin de ne pas l'endommager.

Vitesse de démarrage : Vitesse du vent à laquelle les pales déchargées d'une éolienne se mettront à tourner ; les pales sont dites déchargées lorsque le **rotor** n'est pas connecté à un **générateur électrique**.

Vitesse de production nominale : Vitesse du vent à partir de laquelle une éolienne commencera à produire de la puissance.

Vitesse maximale prévue : Vitesse du vent au-delà de laquelle une éolienne pourrait être endommagée.

Watt (W) : Unité standard de la **puissance**. Un Watt équivaut à un Joule d'énergie par seconde.

Watt crête (Wc) : Quantité de **puissance** produite par un dispositif photovoltaïque sous conditions d'ensoleillement idéales.

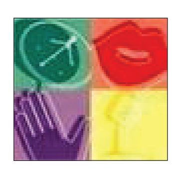
Remerciements

Le CAMECO et l'auteur tiennent à remercier les personnes suivantes qui ont apporté leur expertise à la réalisation de ce livre, soit en rédigeant certains passages soit en accordant un entretien.



Simon Collings est le directeur général de **GVEP International** (Global Village Energy Partnership – www.gvepinternational.org). GVEP est une organisation anglo-saxonne dont le but est d'encourager la création de micros, petites et moyennes entreprises dans le domaine de l'énergétique. Le site web de GVEP International contient une base de données reprenant produits, projets, sociétés et ressources dans ce secteur. M. Collings a rédigé la section qui concerne les entreprises énergétiques locales du chapitre 11.

Elmar Dimpl est un consultant indépendant spécialisé dans le domaine de l'énergie. Il travaille régulièrement pour GIZ, un organisme d'aide au développement appartenant au gouvernement fédéral allemand. Mr Dimpl a apporté des conseils sur les installations au biogaz et il a relu la version anglaise du manuel.



Jonathan Marks est le directeur de **Critical Distance** (www.criticaldistance.org). Critical Distance est un bureau de consultance basé aux Pays-Bas, actif depuis des années en Afrique de l'Ouest et de l'Est, conseillant les stations de radio et de télévision en matière de programmes et de stratégies de pérennisation. Jonathan Marks apporte son expertise à l'APM-Bénin, l'Association pour la promotion des médias du Bénin et l'Okapi Consulting (www.okapi.cc) basé à Johannesburg. Jonathan Marks a fait une relecture complète de ce guide et il a contribué à la rédaction du chapitre 2 – Économie d'énergie et Évaluation des besoins énergétiques.



Alain Martin est le directeur de **B.BEAM** (www.bbeam.com), une société belge qui fabrique et vend de l'équipement pour les radios et télévisions. Les services proposés par B.BEAM comprennent la planification, l'installation et la maintenance de l'équipement d'une radio ; cette société propose également des formations à l'utilisation des équipements pour les agents des radios et télévisions, le

plus souvent sur site. B.BEAM a réalisé des projets de radios et télévisions pour l'UNESCO, l'UNICEF, l'UNDP et l'OTAN. Alain Martin a collaboré à la rédaction de ce guide en prodiguant de précieux conseils sur les économies d'énergie, ainsi que sur la protection et la régulation électrique dans les radios.

Jason Morenikeji est le fondateur et directeur de **The Clean Energy Company** (www.thecleanenergycompany.com), une société qui collabore au Mozambique avec des ONG, des entreprises et une université locales pour fabriquer des éoliennes. Jason Morenikeji nous a conseillé dans le domaine de l'énergie éolienne et du rôle des entreprises locales dans l'offre d'énergie renouvelable.



Neil Noble est un conseiller technique de **Practical Action** (http://practicalaction.org), une œuvre de bienfaisance dont le but est d'améliorer les conditions de vie des populations des pays en voie de développement grâce à l'application de technologies simples. Il s'agit d'une organisation anglo-saxonne qui possède des bureaux régionaux au Soudan, au Kenya et au Zimbabwe. Leurs services sont accessibles via des centres de ressource (à Nairobi et Harare notamment) et un service de renseignements en ligne. Neil Noble a fourni de nombreux conseils à propos des installations pico et micro-hydrauliques.

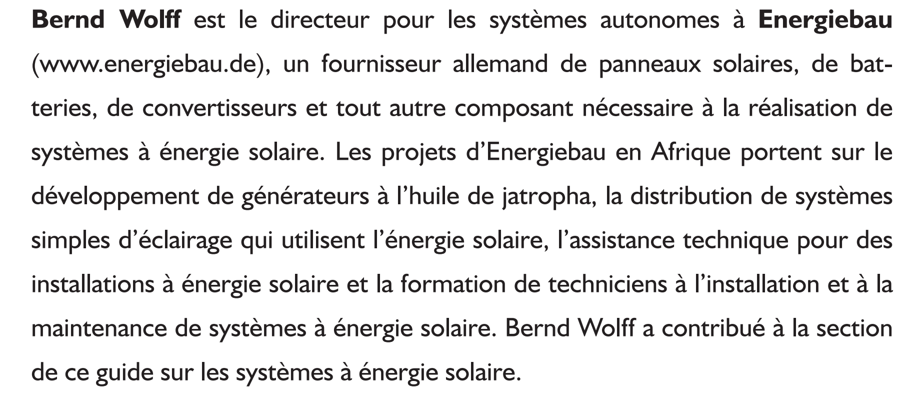


Hugh Piggott, de la société **Scoraig Wind Electric** (www.scoraigwind.com), est un expert de l'éolien, résidant en Écosse, fort d'une expérience de trois décennies dans le domaine de l'énergie éolienne de petite échelle. En plus d'avoir écrit des livres et dirigé des ateliers sur les petites éoliennes, il a conseillé des ONG et entreprises d'Afrique et d'autres régions du monde dans le domaine de l'énergie renouvelable. Par ses connaissances et ses conseils, il a contribué à la rédaction de la section de ce guide dédié à l'énergie éolienne.



Simon Willans est le directeur d'**Energy for Opportunity** (www.energyforopportunity.org), une ONG basée à la Sierra Leone qui fournit de l'équipement, un service d'installation et des formations professionnelles dans le domaine de l'énergie solaire. Il a contribué à la section de ce guide qui concerne les systèmes à énergie solaire.




Bernd Wolff est le directeur pour les systèmes autonomes à **Energiebau** (www.energiebau.de), un fournisseur allemand de panneaux solaires, de batteries, de convertisseurs et tout autre composant nécessaire à la réalisation de systèmes à énergie solaire. Les projets d'Energiebau en Afrique portent sur le développement de générateurs à l'huile de jatropha, la distribution de systèmes simples d'éclairage qui utilisent l'énergie solaire, l'assistance technique pour des installations à énergie solaire et la formation de techniciens à l'installation et à la maintenance de systèmes à énergie solaire. Bernd Wolff a contribué à la section de ce guide sur les systèmes à énergie solaire.



Gerd Zeitter est un consultant de **BEGECA** (ww.begeca.de), une société allemande qui offre des services de planification, de consultance, d'approvisionnement et de logistique pour des projets des pays du Sud et d'Europe de l'Est, y compris des projets énergétiques. Gerd Zeitter est un expert sur les questions d'énergie solaire et renouvelable. Il a fourni de nombreux conseils à l'auteur de ce livre, particulièrement pour les systèmes à énergie solaire, les groupes électrogènes et la planification d'un système énergétique.

Le CAMECO et l'auteur tiennent également à remercier les personnes et organismes suivants pour avoir généreusement partagé leurs conseils, leur expertise, leurs ressources et leur enthousiasme : le frère Alberto du Sudan Catholic Radio Network, Sud Soudan ; Bergey Windpower, États-Unis ; le Bethel Business and Community Development Centre, Lesotho ; Pierre Bélanger, coordinateur international du Réseau Étoile, Haïti ; Craftskills Windpower, Kenya ; Norbert Demmelbauer, BBM, Autriche ; Hoppecke Batteries, Allemagne ; Frank Knuepfer de la Radio Voice of Life, Ouganda ; Alessandra Moscadelli de GVEP International ; le National Renewable Energy Laboratory, États-Unis ; Tessa Piper, directeur du programme national pour l'Indonésie du Media Development Loan Fund, Indonésie ; RFI Planète Radio, France ; Ronald Lutalo du East Africa Energy Technology Network (EAETDN) ; Joseph Sekiku de la Radio Communautaire Fadeco, Tanzanie ; Solarcon, Afrique du Sud ; UGASTOVE , Ouganda ; la Banque Mondiale ; Xantrax/Scheinder Electric ; et Yamaha Angleterre.

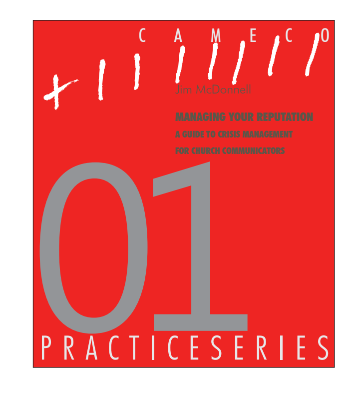
Les sources de données, des photos et de schémas sont mentionnées dans le cours du texte de ce guide.

CAMECO Practice Series

La collection « CAMECO Practice Series » propose des documents résolument orientés vers la pratique en appui aux activités de communication de nos partenaires. Les volumes de cette collection peuvent être téléchargés gratuitement depuis notre site : www.cameco.org/publications. Des copies imprimées peuvent être commandées au prix coûtant.

Déjà paru

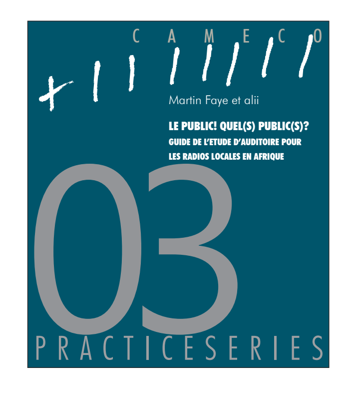
Managing Your Reputation
A Guide to Crisis Management for Church Communicators
Par Jim McDonnell



Ce volume de 48 pages propose des orientations et des conseils sur la manière de se préparer à la gestion d'une crise, sur l'établissement d'un comité de gestion et l'élaboration d'un plan d'action dans de telles circonstances. En plus du livre, des check-lists sont disponibles et peuvent être téléchargées depuis le site du CAMECO.
L'auteur : Jim McDonnell a été le directeur du Catholic Communications Centre en Angleterre. Depuis 2002 il dirige *McDonnell Communications*, un service indépendant de conseil en communications et en relations publiques. Il est aussi le directeur du secteur du développement et du plaidoyer de SIGNIS, l'Association mondiale catholique pour la communication. Des versions françaises, espagnoles, italiennes et slovènes sont en préparation.

A paraître

Le Public ! Quel(s) public(s) ?
Guide de l'étude d'auditoire pour les radios locales en Afrique
Par Martin Faye et alii



Connaître son audience est une préoccupation constante pour une radio. Qui sont les auditeurs ? A quels moments de la journée écoutent-ils la radio ? Qu'est-ce qui motive leur choix pour telle ou telle station ? Le public actuel correspond-il à l'audience visée ? Ce manuel présente des méthodes quantitatives et qualitatives simples et efficaces d'étude de l'auditoire utilisées par des radios locales et communautaires en Afrique francophone. Le manuel propose des trucs et astuces, des outils et des études de cas.

C A M E C O

C A T H O L I C M E D I A C O U N C I L

Le Catholic Media Council (CAMECO) est un bureau de conseil en communication et d'appui aux médias en Afrique, Asie, Amérique latine, Océanie, Moyen-Orient, Europe centrale et de l'Est, incluant l'Eurasie.

Par nos services, nos publications et nos ressources, nous voulons contribuer au renforcement des capacités de nos partenaires, des médias communautaires et des initiatives dans le secteur de la communication.

Nous étudions, conseillons et accompagnons des projets ; nous organisons des évaluations et des programmes de formation ; nous apportons notre expertise dans la planification axée sur les résultats et le changement. Le CAMECO propose ses services aux partenaires locaux, aux organisations actives dans l'appui aux médias et aux bailleurs de fonds, parmi lesquels les agences d'aide confessionnelles.

Pour plus d'information, visitez notre site www.cameco.org et abonnez-vous à notre bulletin électronique « CAMECO Update ». Ce bulletin publié en anglais est aussi disponible sur notre site : http://www.cameco.org/francais/Publications/CAMECO-Update/